



SKRIPSI – ME141501

**ANALISA PERBANDINGAN TEKNIS PENGGUNAAN AC
CENTRAL DAN AC SPLIT PADA KAPAL PERINTIS 750
DWT**

KAFIT ACHMAD YOGKER
NRP. 4214 105 012

Dosen Pembimbing
Dr. Beny Cahyono, ST., MT
Ir. Alam Baheramsyah, M.Sc

Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2016



FINAL PROJECT – ME141501

TECHNICAL COMPARATIVE ANALYSIS THE USE OF CENTRAL AIR CONDITIONER AND SPLIT AIR CONDITIONER IN PIONEER PASSENGER SHIP 750 TDW

KAFIT ACHMAD YOGKER
NRP. 4214 105 012

Supervisor
Dr. Beny Cahyono, ST., MT
Ir. Alam Baheramsyah, M.Sc

Department Of Marine Engineering
Faculty of Marine Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2016

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN
ANALISA PERBANDINGAN TEKNIS PENGGUNAAN AC
CENTRAL DAN AC SPLIT PADA KAPAL PERINTIS
750 DWT

SKRIPSI

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi Fluid Machinery & System (MMS)
Program S1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

KAFIT ACHMAD YOGKER
NRP. 4214 105 012

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Skripsi:

Dr. Beny Cahyono, ST., MT

Ir. Alam Baheramsyah, M.Sc



SURABAYA, 27 JULI 2016

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISA PERBANDINGAN TEKNIS PENGGUNAAN AC CENTRAL DAN AC SPLIT PADA KAPAL PERINTIS 750 DWT

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi *Fluid Machinery and System* (MMS)
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

KAFIT ACHMAD YOGKER

NRP. 4214 105 012

Disetujui oleh Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan :



Dr. Eng Muhammad Badrus Zaman, ST., MT.

NIP. 197708022008011007

SURABAYA
JULI, 2016

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

ANALISA PERBANDINGAN TEKNIS PENGGUNAAN AC CENTRAL DAN AC SPLIT PADA KAPAL PERINTIS 750 DWT

Nama Mahasiswa : Kafit Achmad Yogker
NRP : 4214 105 012
Jurusan : Teknik Sistem Perkapalan
Dosen Pembimbing : Dr. Beny Cahyono, ST., MT
Ir Alam Baheramasyah, M.Sc

ABSTRAK

Kenyamanan merupakan salah satu faktor utama yang sangat diperhatikan oleh penyedia moda transportasi. Mempertahankan kondisi suhu udara nyaman secara kontinyu selama kapal beroperasi merupakan suatu keharusan. Disisi lain biaya operasional juga menjadi pertimbangan. Biaya operasional yang dimaksud adalah berkaitan dengan konsumsi daya oleh mesin pendingin. Untuk mencapai kondisi udara nyaman pada kapal perintis 750 DWT, maka dilakukan perbandingan desain antara penggunaan AC central dan AC split. Perbandingan tersebut ditinjau dari distribusi udara dingin menggunakan analisa Computational Fluid Dynamic. Juga dilakukan perbandingan konsumsi daya antara penggunaan kedua jenis AC tersebut. Dari hasil analisa diketahui bahwa penerapan desain sistem pengkondisian udara terbaik di tiga ruang penumpang adalah ketika menggunakan AC central. Yaitu distribusi udara dingin di 3 ruang penumpang mencapai 100% memenuhi kriteria suhu udara nyaman menurut ISO7547. Sedangkan ketika menggunakan AC split, hanya ruang penumpang-2 yang distribusi suhu udaranya 100% memenuhi kriteria. Ruang penumpang-1 79.1% memenuhi kriteria, dan ruang penumpang-3 88% memenuhi kriteria. Perbedaan konsumsi daya antara penggunaan kedua jenis AC tersebut sangat signifikan. AC

central membutuhkan total daya 28 kW, sedangkan AC split membutuhkan daya 45.17kW. Pada jalur utama duct system AC central yaitu pada titik A-M terdapat kendala keterbatasan space ruang untuk instalasi ducting dengan ukuran 1.5m x 1m. Sedangkan duct system AC split tidak mengalami kendala.

Kata kunci : Kapal Perintis, Mesin Pendingin Udara, CFD, Konsumsi Energy

TECHNICAL COMPARATIVE ANALYSIS THE USE OF CENTRAL AIR CONDITIONER AND SPLIT AIR CONDITIONER IN PIONEER PASSENGER SHIP 750 TDW

Author	: Kafir Achmad Yogker
ID No.	: 4214 105 012
Dept.	: Marine Engineering
Supervisor	: Dr. Beny Cahyono, ST., MT Ir Alam Baharamsyah, M.Sc

ABSTRACT

Convenience is one of the main factors that is considered by providers of transport modes. Maintaining a comfortable air temperature conditions continuously during ship operation is a must. On the other hand the operational cost is also a consideration. Operational costs is related to the power consumption by the cooling system. To achieve a comfortable air conditions in the pioneer passenger ship 750 TDW, then made comparisons between the use of air conditioning design central and split air conditioners. Comparing the terms of the cold air distribution by using Computational Fluid Dynamics analysis. Power consumption also made comparisons between the two types of air conditioner use. From the analysis it is known that the best application of air conditioning system design in three passenger spaces is when using a central air conditioner. The distribution of cold air in the passenger compartment-3 reaches 100% complied the criteria of ISO7547. Meanwhile, when using the split air conditioner, only passenger compartment-2 which 100% complied the criteria. Passenger space-1 79.1% complied the criteria, and the passenger room-3 88% complied the criteria. Power consumption difference between the two types of air conditioning usage is very significant. Central air conditioning

requires a total power of 28 kW, meanwhile the split AC power required 45.17kW. On the main duct system of central air conditioning there is limited space for duct installation (1.5m x 1m size), it is at point A-M . While the duct system of split air conditioner does not run into obstacles.

Keywords : Passenger Ship, Air Cooler Machine, CFD, Energy Consumption.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT karena atas limpahan karunia serta hidayahNya Tugas Akhir yang berjudul **“Analisa Perbandingan Teknis Penggunaan AC Central dan AC Split pada Kapal Perintis 750 DWT”** ini dapat diselesaikan dengan baik.

Pada kesempatan ini Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu penyelesaian Tugas Akhir ini, yaitu:

1. Bapak, Ibu, dan kakak, atas kasih sayang, doa-doa, dan segala pelajaran hidup serta bimbingannya sampai saat ini.
2. Dr. Beny Cahyono, ST., MT selaku Dosen Pembimbing satu yang telah memberikan bimbingan dan arahan selama pengerjaan dan penyusunan Tugas Akhir ini.
3. Ir. Alam Baheramsyah, M.Sc selaku Dosen Pembimbing dua yang telah memberikan bimbingan dan arahan selama pengerjaan dan penyusunan Tugas Akhir ini.
4. Dr. Eddy Setyo Koenhardono, ST., MT selaku Dosen Wali yang telah memberikan bimbingan dan motivasi selama penulis menjalani masa perkuliahan.
5. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Sistem Perkapalan FTK-ITS yang telah memberikan ilmu dan bimbingannya selama penulis melaksanakan studi..
6. Ali Mustofa, Tius Saputro dan Dwi Yulianto atas bantuan dan segala ilmu yang kalian bagikan kepada penulis.

Besar harapan penulis bahwa Tugas Akhir ini dapat memberikan informasi dan manfaat sebanyak-banyaknya bagi pembaca sekalian.

Surabaya, Juli 2016
Penulis

Kafit Achmad Yogker

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR SIMBOL	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan.....	2
1.5 Manfaat.....	3
BAB II DASAR TEORI.....	4
2.1 HVAC (<i>Heating Ventilation and Air Conditioning</i>).....	5
2.2 Sumber Beban Panas.....	5
2.2.1 Beban Panas Transmisi	5
2.2.2 Beban Panas Penghuni Ruangan	6
2.2.3 Beban Panas Radasi Matahari	7
2.2.4 Beban Panas dari Lampu & Peralatan	8
2.3 Kapasitas Udara.....	8
2.3.1 Udara Segar	9
2.3.2 Udara Sirkulasi	9
2.4 Lokasi Peletakan <i>Outlet</i>	10
2.5 <i>Duct Design Method</i>	11
2.6 <i>Losses</i> pada Saluran Udara.....	11
2.7 <i>Computational Fluid Dynamics (CFD)</i>	14
2.7.1 <i>Pre-processor (CFX build)</i>	15
2.7.2 <i>Solver</i>	15
2.7.3 <i>Post-processor</i>	15
2.7.4 Proses Validasi	16
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	19

3.1	Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian Tugas Akhir.....	19
3.2	Langkah Pelaksanaan Penelitian Tugas Akhir.....	21
BAB IV PERHITUNGAN DAN PERENCANAAN		23
4.1	Perhitungan Beban Panas.....	23
4.2	Perencanaan Untuk AC Split.....	24
4.2.1	Kebutuhan Udara Ventilasi	24
4.2.2	Perencanaan Saluran Udara Suplai.....	25
4.2.3	Perencanaan Saluran Udara <i>Exhaust</i>	26
4.2.4	Pemilihan AC split	27
4.2.5	Pemilihan Blower Udara Suplai & Exhaust	28
4.3	Perencanaan Untuk AC central.....	28
4.3.1	Kebutuhan Suplai Udara Pada AC Central	28
4.3.2	Perencanaan Saluran Udara Suplai.....	29
4.3.3	Perencanaan Saluran Udara Resirkulasi	31
4.3.4	Pemilihan AC central	31
4.4	Simulasi CFD.....	32
4.4.1	Pembuatan Model.....	32
4.4.2	<i>Meshing</i>	33
4.4.3	<i>Pre-Processor</i>	33
4.4.4	<i>Solver Running</i>	34
4.4.5	<i>Post-Processor</i>	35
4.4.6	Proses Validasi Simulasi	36
4.5	Kemudahan Service.....	37
BAB V ANALISA DESAIN.....		38
5.1	Analisa Daya.....	39
5.1.1	AC Central.....	39
5.1.2	AC Split.....	40
5.2	Analisa Hasil Simulasi CFD.....	41
5.2.1	AC Central.....	41
5.2.2	AC Split.....	46
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....		51
6.1	Kesimpulan.....	51
6.2	Saran.....	52
DAFTAR PUSTAKA.....		53

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 4 Skema udara resirkulasi.....	10
Gambar 2. 5 Macam-macam peletakan outlet.....	11
Gambar 2. 6 Konvergensi dan proses literasi error	16
Gambar 2. 7 Konvergensi yang terlalu cepat	17
Gambar 2. 8 Konvergensi yang normal.....	17
Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian.....	20
Gambar 4. 1 Duct system untuk suplai udara segar	26
Gambar 4. 2 Exhaust duct system	26
Gambar 4. 3 Duct system untuk suplai AC central	30
Gambar 4. 4 Duct system untuk udara resirkulasi.....	31
Gambar 4. 5 Geometry ruang penumpang 2	32
Gambar 4. 6 Hasil meshing ruang penumpang 2	33
Gambar 4. 7 Pre-processor ruang penumpang 2	34
Gambar 4. 8 Grafik solver running	35
Gambar 4. 9 Hasil post-processor	36
Gambar 4. 10 Running selesai sesuai jumlah literasi	36
Gambar 5. 1 Ruang penumpang -1 (AC central desain ke-1)	42
Gambar 5. 2 Ruang penumpang-2 (AC central desain ke-1)	43
Gambar 5. 3 Ruang penumpang-3 (AC central desain ke-2)	45
Gambar 5. 4 Ruang penumpang-1 (AC split desain ke-2)	46
Gambar 5. 5 Ruang penumpang-2 (AC split desain ke-3)	48
Gambar 5. 6 Ruang penumpang-3 (AC split desain ke-3)	49

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Nilai ΔT	6
Tabel 2.2 Beban panas penghuni ruangan	7
Tabel 2.3 Beban panas dari lampu	8
Tabel 2.5 Minor loss coefficient.....	13
Tabel 4. 1 Beban panas pada ruangan	23
Tabel 4. 2 Suplai udara segar pada penggunaan AC split	24
Tabel 4. 3 Pemilihan AC split di ruang penumpang	27
Tabel 4. 4Pemilihan AC split di ruang akomodasi ABK	27
Tabel 4. 5 Kapasitas udara pada udara AC central.....	29
Tabel 5. 1 Kebutuhan suplai udara dingin (22°C) AC central	39
Tabel 5. 2 Kebutuhan daya AC split	40
Tabel 5. 3 Kebutuhan daya blower.....	41
Tabel 6 1 Prosentase range suhu manusia di ruang penumpang .	51

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR SIMBOL

ΔT	= perbedaan suhu antara udara yang dikondisikan dan udara yang tidak dikondisikan di dalam ruangan
k_v	= koefisien <i>heat transfer</i> dinding
A_v	= luas permukaan yang terpapar (m^2)
k_g	= koefisien <i>heat transfer</i> dinding (W/m^2K)
A_g	= luas jendela (m^2)
K	= Koefisien perpindahan panas
ΔT	= perbedaan temperatur akibat radiasi matahari ($^{\circ}C$)
G_s	= koefisien perpindahan panas untuk jendela (W/m^2K)
V_s	= kapasitas udara yang akan disuplai kedalam ruangan (m^3/s)
H	= total panas yang diterima ruangan (kW)
C	= panas spesifik udara (kJ/kg.K)
ρ	= massa jenis udara (kg/m^3)
ΔT	= perbedaan temperatur udara dingin yang masuk kedalam ruangan dengan temperatur udara nyaman dalam ruangan. ($^{\circ}C$)
V_s	= volume udara yang disuplai ke ruangan (m^3/s)
V_{fa}	= volume udara segar dari luar ruangan (m^3/s)
V_r	= volume udara ruangan yang digunakan kembali (m^3/s)
ΔP	= kerugian gesek (Pa)
ρ	= massa jenis fluida (kg/m^3)
f	= faktor gesekan
L	= panjang <i>ducting</i> (m)
V	= kecepatan aliran fluida (m/s)
d	= diameter <i>ducting</i> (m)
k	= koefisien minor losses
V	= kecepatan udara (m/s)
g	= percepatan gravitasi (m/s^2)
Re	= reynould number

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Dari tugas akhir yang berjudul “Analisa Perbandingan Teknis Penggunaan AC Central dan AC Split pada Kapal Perintis 750 DWT” dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari pembahasan distribusi udara pada penggunaan AC central dan AC split, maka didapat desain terbaik di 3 ruang penumpang sebagai berikut :
 - ❖ Desain AC central terbaik :
 - Ruang penumpang 1 : desain ke-1.
 - Ruang penumpang 2 : desain ke-1.
 - Ruang penumpang 3 : desain ke-2.
 - ❖ Desain AC split terbaik :
 - Ruang penumpang 1 : desain ke-2.
 - Ruang penumpang 2 : desain ke-3.
 - Ruang penumpang 3 : desain ke-3.

Tabel 6 1 Prosentase range suhu manusia di ruang penumpang

Range Suhu	Pax 1		Pax 2		Pax 3	
	AC Central	AC Split	AC Central	AC Split	AC Central	AC Split
22°C-24°C	58.3%	3.1%	70.9%	12.9%	65.6%	17.6%
25°C-27°C	41.7%	76.0%	29.1%	87.1%	34.4%	70.4%
27°C-31°C	-	20.9%	-	-	-	12.0%

2. Terjadi perbedaan total konsumsi daya yang signifikan antara penggunaan AC central dan AC split, yaitu :
 - AC central : 28 kW

- AC split : 44.73 kW

3. Dari tinjauan instalasi *duct system*, AC central mengalami kendala keterbatasan *space* untuk jalur utama *duct system*. Yaitu pada titik A-M dengan ukuran *ducting* 1.5 m x 1 m .Sedangkan AC split tidak mengalami kendala keterbatasan *space* untuk *duct system*-nya.

6.2 Saran

Dalam pengerjaan Tugas Akhir pasti memiliki kekurangan dan kelebihan. Namun kekurangan itu dapat dijadikan saran untuk dikembangkan menjadi penelitian yang baru. Untuk penyempurnaan disarankan untuk melakukan beberapa prosedur lebih lanjut mengenai:

1. Perhitungan menggunakan metode lain.
2. Pengaturan simulasi yang lebih detail.

DAFTAR PUSTAKA

- AEA Technology. (1996). "Validation And Verification For Simulation Using CFD"
- Anderson, John D. (1992). "Computational Fluid Dynamic: The Basic with Aplication". McGraw Hill.
- ISO7547. (2002). "Ships And Marine Technology — Air-Conditioning And Ventilation Of Accommodation Spaces — Design Conditions And Basis Of Calculations". Switzerland: ISO
- Kusuma, Endri, George. (2012). "Engineering Thermodynamic Workbook". Surabaya: Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
- Puspitasari, Puspa. (2011). "Analisa Supply Aliran Udara Terhadap Variabel Suhu, Tekanan Dan Kecepatan Udara Pada Kamar Mesin Kapal Tanker 6500 DWT Menggunakan Computational *Fluid* Dynamics". Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Porges, F. (2001). "HVAC Engineer's Handbook". Elsevier Science & Technology.
- Salem, M, Badran. "*Advanced Air Duct Design*"
- Sugarman, C, Samuel. (2007). "HVAC Fundamentals". London: The Fairment Press, Inc
- Yunus, A, Cengel. (2014). "Thermodynamic, an Engineering Approach". America: The McGrew-Hill Companies, Inc

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A	: Desain Duct System Suplai Udara AC split
Lampiran B	: Desain Duct System Exhaust Udara AC split
Lampiran C	: Desain Duct System Suplai Udara AC central
Lampiran D	: Desain Duct System Udara Resirkulasi AC central
Lampiran E	: Analisa Hasil Simulasi CFD
Lampiran F	: Katalog
Lampiran G	: <i>General Arrangement</i> & Gambar Sistem Pendingin Existing pada Kapal

BIODATA PENULIS



Kafit Achmad Yogker lahir di Mojokerto pada tanggal 28 Maret 1993. Memulai pendidikan Sekolah Dasar pada tahun 1999 di SD Negeri Purwotengah 1 Kota Mojokerto, pada tahun 2005 melanjutkan pendidikan di SMP Negeri 1 Mojokerto sampai tahun 2008, di tahun 2008 melanjutkan pendidikan ke SMA Negeri 3 Kota Mojokerto, pada tahun 2011 penulis diterima untuk melanjutkan pendidikan di Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya jurusan D-3 Teknik Permesinan Kapal. Pada tahun 2014 penulis melanjutkan pendidikan di Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Email : kafit.achmad.yogker@gmail.com

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Transportasi merupakan bagian penting dalam proses berkembangnya suatu negara. Sistem transportasi yang baik akan meningkatkan produktifitas kerja dari masyarakat. Dengan semakin berkembangnya zaman, jumlah penduduk semakin besar dan transportasi menjadi semakin padat. Pada kondisi ini, moda transportasi umum dijadikan andalan untuk meningkatkan efisiensi sistem transportasi. Untuk mendukung berkembangnya sistem transportasi umum, maka ada beberapa hal yang perlu diperhatikan. Keselamatan dan kenyamanan merupakan faktor utama yang dipertimbangkan oleh pengguna transportasi umum. Dari sudut pandang penyedia moda transportasi, mempertahankan kondisi nyaman secara terus menerus selama kapal beroperasi merupakan sebuah keharusan.

Kondisi nyaman pada kapal penumpang menjadi perhatian penuh, khususnya adalah kondisi udara yang nyaman. Indonesia mempunyai iklim tropis dengan suhu udara berkisar pada 32°C dan RH 70% (BMKG). Sehingga diperlukan proses pengkondisian udara untuk mendapatkan kondisi nyaman untuk penumpang, yaitu pada 27°C dan RH 50% (ISO7547, 2002). Pada kapal jasa angkutan laut perintis, sistem pengkondisian udara pada kapal menggunakan AC *split*. Sedangkan penggunaan AC *split* di kapal dirasa kurang efektif jika ditinjau dari distribusi udara dingin di ruang penumpang. Sebab persebaran pelatukan AC *split* tidak bisa leluasa atau tidak semua lokasi bisa dipasang dengan AC *split*. Namun apabila kapal menggunakan AC central maka ketersediaan tenaga maintenance menjadi kendala, sebab

kapal perintis ini melayani pelayaran di wilayah kepulauan kecil yang terbelah pelosok. Sehingga dilakukan analisa perbandingan penggunaan AC central dan AC split pada kapal perintis 750 DWT.

Pembandingan antara penggunaan AC central dan AC split dilakukan pada aspek distribusi udara dingin, daya mesin pendingin dan desain *duct system*. Untuk mengetahui distribusi udara dingin antara penggunaan AC *central* dan AC *split*, maka dilakukan analisa *CFD* (*Computational Fluid Dynamic*).

1.2 Perumusan Masalah

Dari uraian di atas maka permasalahan utama yang akan dibahas adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana perencanaan *duct system* pada kapal?
2. Bagaimana perbandingan penggunaan AC *central* dengan AC *split* ditinjau dari distribusi aliran udara dingin di ruang penumpang menggunakan analisa *CFD* (*computational fluid dynamics*)?
3. Berapa konsumsi daya pada sistem pengkondisian udara di kapal?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Perhitungan beban panas menggunakan standard ISO 7547:2002.
2. Desain saluran udara menggunakan *equal friction method*.
3. Perencanaan *duct system* pada kapal meliputi ruang penumpang dan *crew* (tidak termasuk kamar mesin).
4. Analisa *CFD* (*computational fluid dynamics*) dilakukan hanya pada ruangan penumpang.

1.4 Tujuan

Tujuan dari pembahasan masalah ini adalah :

1. Mengetahui perencanaan *duct system* pada kapal.

2. Mengetahui perbandingan penggunaan AC *central* dengan AC *split* ditinjau dari distribusi aliran udara dingin di ruang penumpang menggunakan analisa *CFD (computational fluid dynamics)*.
3. Mengetahui konsumsi daya pada sistem pengkondisian udara di kapal.

1.5 Manfaat

Adapun manfaat dari penulisan tugas akhir ini antara lain adalah dapat mengetahui jenis AC yang lebih sesuai (AC *central* atau AC *split*) untuk kapal perintis 750 DWT.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

DASAR TEORI

2.1 HVAC (*Heating, Ventilation, and Air Conditioning*)

Sebuah sistem HVAC adalah kumpulan komponen yang bekerja bersama untuk memindahkan panas ke tempat yang diinginkan, atau menghilangkan panas dari tempat yang tidak diinginkan (Sugarman, 2007).

2.2 Sumber Beban Panas

Secara umum sumber panas dapat dibedakan menjadi dua kelompok besar yaitu sumber panas dari luar ruangan dan sumber panas dari dalam ruangan. Berikut sumber beban panas yang terjadi pada kapal :

- A. Beban panas akibat Transmisi (rambatan) melewati dinding, plafon dan juga lantai ruangan
- B. Beban panas dari panas penghuni ruangan.
- C. Beban panas dari radiasi matahari
- D. Beban panas dari penggunaan lampu penerangan dan peralatan lain

Sehingga total dari beban - beban panas tersebut adalah beban panas yang di tanggung oleh mesin pendingin.

2.2.1 Beban Panas Transmisi

Beban panas transmisi adalah beban panas yang diderita ruangan karena ada perbedaan temperatur antara sekeliling ruangan dengan ruang yang dikondisikan sehingga panas yang ada disekitar ruangan mengalir kedalam ruangan (ISO7547,2002). Kondisi luar atau temperatur luar bervariasi sesuai pergantian musim. Namun untuk penentuan kondisi AC digunakan kondisi

paling kritis agar pendinginan dapat tercapai dengan baik. Berdasarkan ISO7547, beban panas transmisi dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$\Phi = \Delta T \{ (k_v A_v) + (k_g A_g) \}(2.1)$$

- Dimana :
- ΔT = perbedaan suhu antara udara yang dikondisikan dan udara yang tidak dikondisikan di dalam ruangan
 - k_v = koefisien *heat transfer* dinding
 - A_v = luas permukaan dinding (termasuk jendela) m²
 - k_g = koefisien *heat transfer* dinding
 - A_g = luas jendela, m²

Tabel 2.1 Nilai ΔT

Deck or bulkhead	$\Delta T, K$	
	Summer	Winter
Deck against tank provided with heating	43	17
Deck with bulkhead against boiler-room	28	
Deck and bulkhead against engine-room and against non-air-conditioned gallery	18	
Deck and bulkhead against non-heated tanks, cargo spaces and equivalent	13	42
Deck and bulkhead against laundry	11	17
Deck and bulkhead against public sanitary space	6	0
Deck and bulkhead against private sanitary space		
a) with any part against exposed external surface	2	0
b) not exposed	1	0
c) with any part against engine/boiler-room	6	0
Bulkhead against alleyway	2	5
NOTE It is understood that means of heating are provided in exposed sanitary spaces.		

(Sumer : ISO7547,2002)

2.2.2 Beban Panas Penghuni Ruangan

Pada perhitungan beban panas, panas penghuni ruangan ini disebabkan kareana setiap orang mengeluarkan kalor diberbagai kegiatan sehingga dapat

mempengaruhi suhu di lingkungan sekitarnya (ISO7547,2002).

Tabel 2.2 Beban panas penghuni ruangan

Activity	Type of heat	Emission W
Seat at rest	Sensible heat	70
	Latent heat	50
Medium/heavy work	Sensible heat	85
	Latent heat	150

(Sumber : ISO7547,2002)

2.2.3 Beban Panas Radasi Matahari

Beban panas yang berasal dari radiasi matahari, bagian ruangan yang terpapar matahari yaitu tembok dan cendela yang terpapar langsung radiasi matahari (ISO7547,2002). Dapat dihitung dengan rumus

$$\Phi_s = \sum A_v K \Delta T_r + \sum A_g G_s(2.2)$$

Dimana :

A_v = Luas permukaan yang terpapar (m²)

K = Koefisien perpindahan panas

ΔT = perbedaan temperatur akibat radiasi matahari

ΔT_r = 12 K for vertical light surfaces,

ΔT_r = 29 K for vertical dark surfaces,

ΔT_r = 16 K for horizontal light surfaces,

ΔT_r = 32 K for horizontal dark surfaces;

A_g = luas jendela yang terpapar (m²)

G_s = koefisien perpindahan panas untuk jendela

$G_s = 350 \text{ W/m}^2$ for clear glass surfaces,

$G_s = 240 \text{ W/m}^2$ for clear glass surfaces with interior shading.

2.2.4 Beban Panas dari Lampu & Peralatan

Beban pencahayaan adalah kalor sensible yang ditimbulkan oleh pencahayaan di dalam ruangan. Rugi kalor pencahayaan ketika instalasi sistem pencahayaan diketahui, rugi kalor haruslah dihitung sesuai dengan aturan pencahayaan ruangan normal yang diterapkan untuk seluruh pencahayaan “overhead” dan “cornice” yang dikontrol dengan *switch* pada tembok dan ruangan kontrol. Jumlah panas yang disebabkan oleh peralatan dalam suatu ruang tergantung dari jenis dan kapasitas peralatan yang terpasang.

Tabel 2.3 Beban panas dari lampu

Space	Heat gain from general lighting W/m ²	
	Incandescent	Fluorescent
Cabins, etc.	15	8
Mess- or dining-rooms	20	10
Gymnasiums, etc.	40	20

(Sumber : ISO7547,2002)

2.3 Kapasitas Udara

Kapasitas suplai udara yang dibutuhkan kedalam ruangan untuk mencapai temperature dan kelembaban relatif ruang yang sesuai dengan kriteria yang diinginkan dapat dihitung menggunakan persamaan berikut (Porges, 2001) :

$$V_s = \frac{H}{\rho C_p \Delta T} \dots\dots\dots(2.3)$$

- V_s = kapasitas udara yang akan disuplai kedalam ruangan (m^3/s)
 H = total panas yang diterima ruangan (watt)
 C_p = panas spesifik udara
 ρ = massa jenis udara ($1.2 \text{ kg}/m^3$)
 ΔT = perbedaan temperatur udara dingin yang masuk kedalam ruangan dengan temperatur udara nyaman dalam ruangan.

2.3.1 Udara Segar

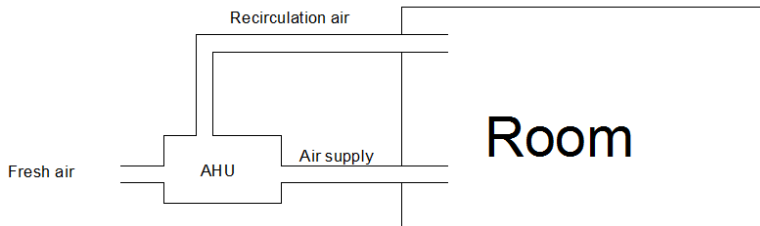
Udara segar adalah udara yang diambil dari luar badan kapal disuplai kedalam ruangan melalui sistem HVAC sebagai sumber udara baru yang bersih. Kuantitas udara segar yang harus disuplai kedalam ruangan adalah tidak kurang dari 40% udara yang disuplai kedalam ruangan (ISO7545,2002).

2.3.2 Udara Sirkulasi

Udara resirkulasi adalah udara buangan dari ruangan yang dikondisikan tapi masih memiliki temperatur rendah sehingga bisa digunakan atau dialirkan kembali keunit pendingin sistem HVAC untuk mengurangi beban pendinginan sistem HVAC. Perhitungan udara resirkulasi dapat dihitung menggunakan rumus :

$$V_s = V_{fa} + V_r \dots\dots\dots(2.4)$$

- V_s = volume udara yang disuplai ke ruangan (m^3/s)
 V_{fa} = volume udara segar dari luar ruangan (m^3/s)
 V_r = volume udara ruangan yang digunakan kembali (m^3/s)

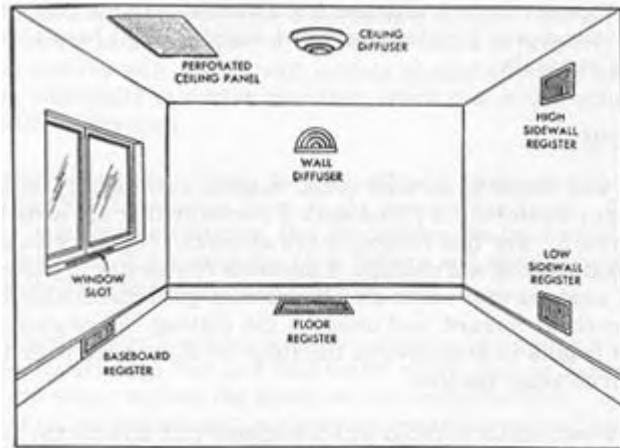


Gambar 2. 1 Skema udara resirkulasi

2.4 Lokasi Peletakan *Outlet*

Supply dan *return outlet opening* pada ruangan yang dikondisikan harus diletakan pada tempat yang sesuai untuk mendapatkan suplai dan aliran udara yang tepat sehingga kenyamanan dalam ruangan tercapai dan terjaga. Peletakan *outlet* ditentukan dengan mempertimbangkan fungsi dari sistem.

- *Heating* : sumber ketidaknyamanan pada sistem adalah suhu yang rendah, misalnya pada jendela. Jika aliran udara dingin tidak diperhatikan dalam peletakan outlet untuk keperluan pemanasan maka udara dingin akan menyebar keseluruh ruangan dan mengakibatkan ketidaknyamanan. Untuk alasan ini, maka suplai udara panas sering diletakan pada sisi dinding ataupun pada lantai dibawah jendela.
- *Cooling* : sumber ketidaknyamanan pada sistem pendingin adalah adanya sumber panas. Peletakan *outlet* lebih *flexible*, dan memungkinkan menggunakan sistem ducting yang sederhana.



Gambar 2. 2 Macam-macam peletakan outlet

2.5 *Duct Design Method*

Metode yang paling umum pada desain sistem saluran udara adalah *equal friction method* *Equal Friction Method*. Pada *equal friction method* ini, *ducting* ditentukan ukurannya sedemikian rupa sehingga kerugian gesekan per satuan panjang *ducting* untuk tiap section adalah sama / konstan. Setelah dihitung/dipilih dimensi akhir dari *ducting* biasanya akan diambil ke pendekatan yang ada sesuai dengan ukuran *ducting standard*. Kerugian total tekanan dari *duct system* ΔP_t sama dengan jumlah dari kerugian gesek dan kerugian dinamis pada berbagai section sepanjang *duct system* yang kritis atau diambil *duct system* yang paling panjang.

2.6 *Losses pada Saluran Udara*

Kerugian pada system saluran udara (*ducting*) merupakan suatu proses perubahan *irreversible* dari *energy* mekanik menjadi panas. Ada dua macam kerugian dalam *ducting* yaitu kerugian gesek (*friction*) dan kerugian dinamis (*dynamic losses*).

a) *Friction Losses*

Kerugian gesek timbul karena adanya kekentalan dan adanya perubahan momentum antara molekul – molekul dalam aliran laminar dengan partikel individual yang menghalangi gerakan lapisan fluida pada kecepatan yang berbeda dalam aliran turbulen. Sehingga kerugian gesek terjadi sepanjang saluran ducting. Kerugian gesek dapat dihitung dengan persamaan Darcy-Weisbach berikut :

$$\Delta P_{\text{major losses}} = \frac{\rho f L V^2}{2 d} \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana :

- ΔP = kerugian gesek (Pa)
- ρ = massa jenis fluida (kg/m^3)
- f = faktor gesekan
- L = panjang *ducting*
- V = kecepatan aliran fluida (m/s)
- d = diameter *ducting* (m)

b) *Dynamic Losses*

Kerugian dinamis timbul dari aliran yang diakibatkan adanya *fitting*, *outlet* yang mengubah bentuk, arah dan laju aliran. *Fitting* termasuk *elbow*, *transition*, dan sambungan. Dynmic losses dapat dihitung dengan persamaan Darcy-Weisbach berikut :

$$\Delta P_{\text{minor losses}} = k \frac{V^2}{2g} \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana :

- ΔP = minor losses (Pa)
- k = koefisien minor losses
- V = kecepatan udara (m/s)
- g = percepatan gravitasi (m/s^2)

Tabel 2.4 Minor loss coefficient

Component / Fitting	Minor loss Coefficient (ξ)
90° bend, sharp	1.3
90° bend, with vanes	0.7
90° bend, rounded	0.5
radius/diameter duct <1	
90° bend, rounded	0.25
radius/diameter duct >1	
45° bend, sharp	0.5
45° bend, rounded	0.2
radius/diameter duct <1	
45° bend, rounded	0.05
radius/diameter duct >1	
T, flow to branch	0.3
(applied to velocity in branch)	
Flow from duct to room	1
Flow from room to duct	0.35
Reduction, tapered	0
Enlargement, abrupt (due to speed before reduction) (v_1 = velocity before enlargement and v_2 = velocity after enlargement)	$(1 - v_2 / v_1)^2$
Enlargement, tapered angle < 8° (due to speed before reduction)	$0.15 (1 - v_2 / v_1)^2$

Dilanjut

(v1= velocity before enlargement and v2 = velocity after enlargement)	
Enlargement, tapered angle > 80 (due to speed before reduction) (v1= velocity before enlargement and v2 = velocity after enlargement)	$(1 - v_2 / v_1)^2$
Grilles, 0.7 ratio free area to total surface	3
Grilles, 0.6 ratio free area to total surface	4
Grilles, 0.5 ratio free area to total surface	6
Grilles, 0.4 ratio free area to total surface	10
Grilles, 0.3 ratio free area to total surface	20
Grilles, 0.2 ratio free area to total surface	50

(sumber : HVAC Engineer's Handbook, hal 168)

2.7 Computational Fluid Dynamics (CFD)

Computational Fluid Dynamics (CFD) adalah metode penghitungan dengan sebuah kontrol dimensi, luas dan volume dengan memanfaatkan bantuan komputasi komputer untuk melakukan penghitungan pada tiap-tiap elemen pembaginya. Prinsipnya adalah suatu ruang berisi fluida yang akan dilakukan penghitungan dibagi menjadi beberapa bagian, hal ini sering disebut dengan sel dan prosesnya (*meshing*). Bagian-bagian yang terbagi tersebut merupakan sebuah kontrol penghitungan. Pada setiap titik kontrol penghitungan akan dilakukan penghitungan oleh aplikasi dengan batasan *domain* dan *boundary condition* yang telah ditentukan. Secara umum proses penghitungan CFD terdiri atas 3 bagian utama yaitu:

- 1) *Preprocessor*
- 2) *Solver*
- 3) *Post processor*

2.7.1 Pre-processor (CFX build)

Langkah-langkah dalam tahap *pre-processing* yaitu:

- Definisi geometri region yang telah di buat
- Pemecahan domain menjadi beberapa sub domain yang lebih kecil dari hasil meshing geometri.
- Pemilihan fenomena fisik yang perlu dimodelkan
- Definisi properties fluida
- Spesifikasikan kondisi batas yang sesuai pada sel-sel yang berhimpit dengan batas domain

2.7.2 Solver

Dalam tahap ini CFD akan dilakukan perhitungan terhadap model yang di buat pada tahap *pre processor*. Kerangka utama metode numerik untuk dasar sebuah *solver* terdiri dari langkah langkah:

- Aproksimasi variabel-variabel aliran yang tidak diketahui dengan fungsi-fungsi sederhana.
- Diskretisasi dengan substitusi aproksimasi ke dalam persamaan atur aliran dan manipulasi matematis lanjut.
- Solusi persamaan-persamaan aljabar. Perbedaan utama di antara ketiga macam teknik adalah pada cara aproksimasi variabel-variabel aliran dan proses diskretisasi.

Terdapat 3 macam teknik solusi numerik yaitu beda hingga (*finite difference*), elemen hingga (*finite element*) dan metode spektral.

2.7.3 Post-processor

Hasil penghitungan modul *solver* berupa nilai-nilai numerik (angka-angka) variabel-variabel dasar aliran seperti komponen-komponen kecepatan, tekanan, temperatur dan fraksi-fraksi masa. Dalam modul *post-processor* nilai-nilai numerik ini diolah agar pengguna dapat dengan mudah membaca dan menganalisis hasil-hasil penghitungan CFD. Hasil-hasil ini dapat disajikan dalam bentuk visualisasi ataupun kontur-kontur distribusi parameter-parameter aliran fluida. Adapun data

visualisasi model yang bias ditampilkan oleh *post processor* adalah sebagai berikut:

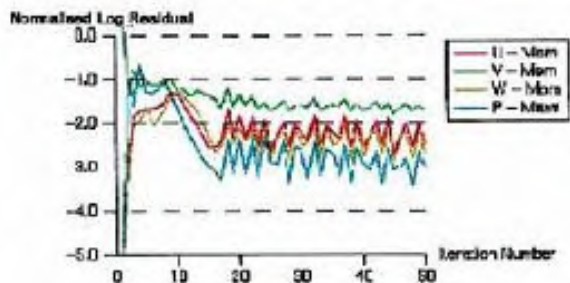
- Gambar geometri model
- Gambar surface sifat fluida
- Animasi aliran fluida
- Tampilan vector kecepatan
- Gerakan rotasi, translasi dan penyekalaan
- Arah aliran fluida

2.7.4 Proses Validasi

Tahap validasi berdasarkan (AEA Technology, 1996) selama proses perhitungan dengan pendekatan CFD dilakukan dengan beberapa tahap, yaitu:

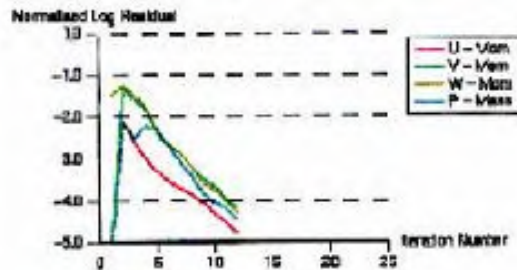
A. Convergence

Pada tahap ini proses iterasi perhitungan akan selalu dikontrol dengan persamaan pengendali. Jika hasil perhitungan belum sesuai dengan tingkat kesalahan yang ditentukan, maka komputasi akan terus berjalan. Berikut adalah beberapa grafik RMS yang menunjukkan konvergensi proses iterasi.



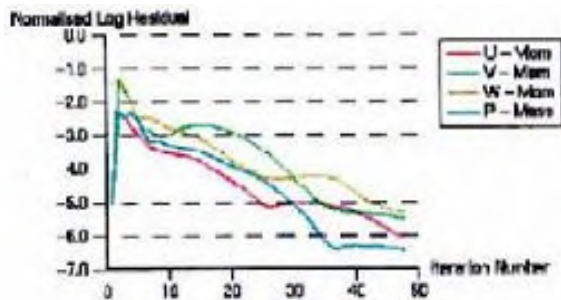
Gambar 2. 3 Konvergensi dan proses literasi error

Konvergensi menunjukkan *error* apabila selama proses literasi grafik yang terjadi naik turun dan cenderung datar, tidak mengalami penurunan.



Gambar 2. 4 Konvergensi yang terlalu cepat

Konvergensi menunjukkan prematur apabila iterasi berhenti sebelum waktu yang telah ditentukan.



Gambar 2. 5 Konvergensi yang normal

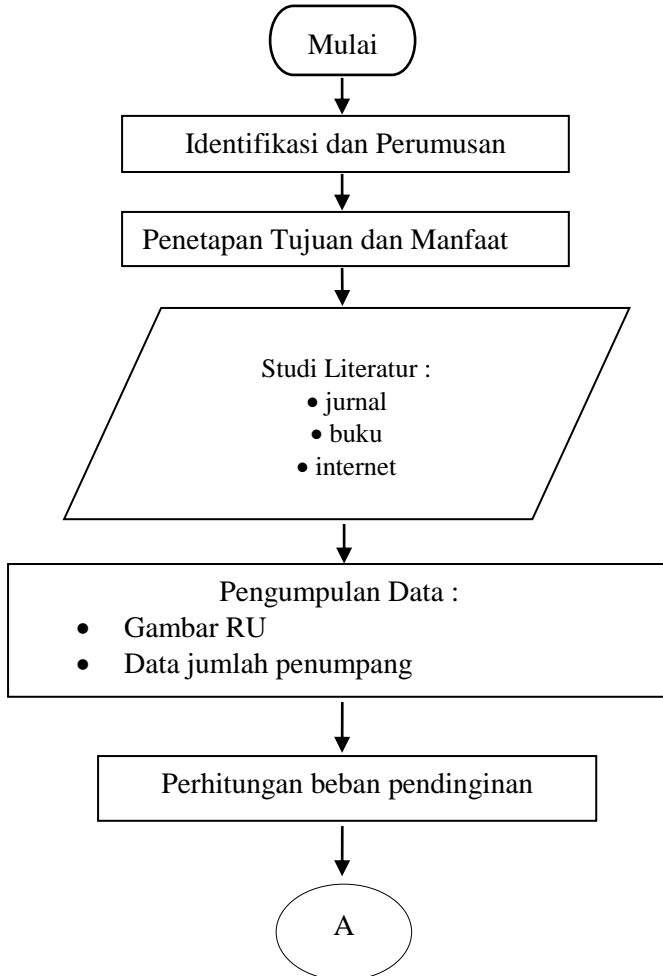
Konvergensi yang normal terjadi apabila pada grafik, literasi yang terjadi cenderung turun dan berhenti setelah waktu yang ditentukan.

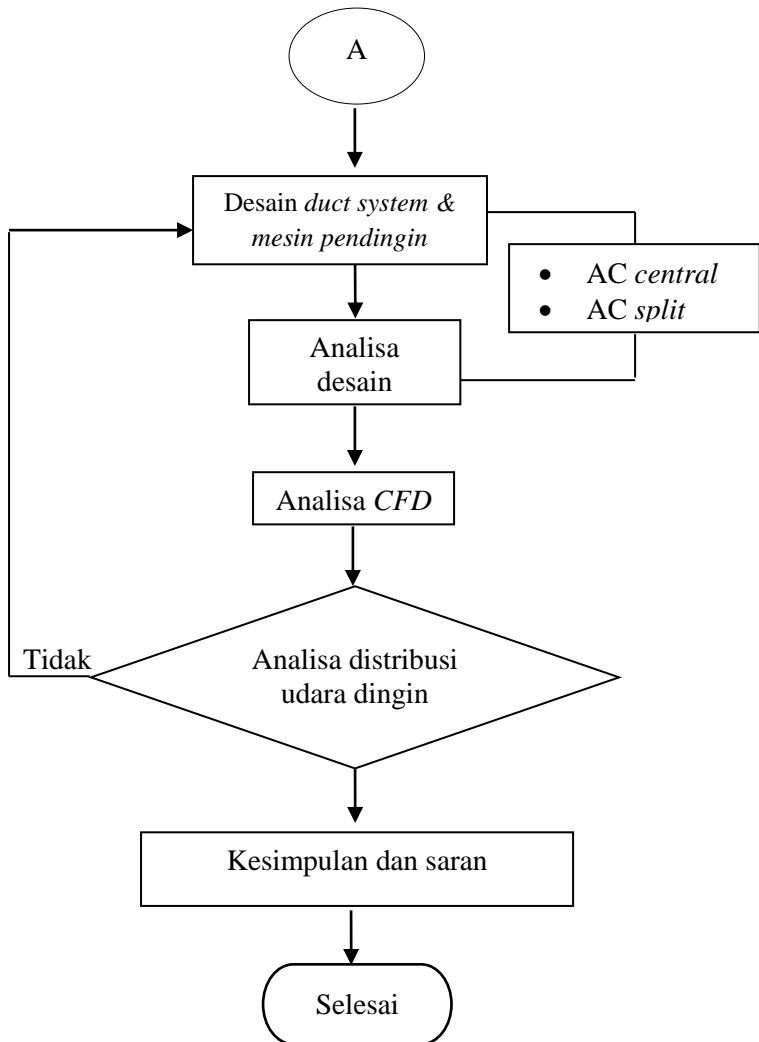
B. Grid Independence

Besarnya jumlah *cell* yang kita gunakan dalam perhitungan akan menentukan keakuratan hasil yang didapat karena jumlah *cell* juga dapat mempengaruhi perubahan bentuk geometri pada saat dilakukan *defineite*. Tetapi tidak selamanya dengan jumlah *cell* yang banyak akan menambah keakuratan hasil perhitungan. Dengan demikian pengguna dituntut untuk dapat menentukan jumlah *cell* yang optimum, agar waktu dan memori komputer yang terpakai tidak terlalu besar.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian Tugas Akhir





Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian

3.2 Langkah Pelaksanaan Penelitian Tugas Akhir

Berikut adalah prosedur yang dilaksanakan untuk memecahkan masalah atau melakukan proses analisa terhadap permasalahan skripsi. Penjelasan diagram alir penelitian skripsi adalah sebagai berikut :

1. Studi literatur
Studi literatur bertujuan untuk melengkapi dan menyiapkan konsep teori yang dibutuhkan selama mengerjakan tugas akhir. Studi literatur yang digunakan meliputi *manualbook*, *textbook*, *handbook*, artikel ilmiah, dan konsultasi dengan dosen pembimbing.
2. Perumusan masalah
Tahap perumusan masalah merupakan tahap penuangan gagasan masalah yang akan dibahas. Rumusan masalah ini menjadi aspek pokok dalam analisa pada tugas akhir berdasarkan data yang telah didapat.
3. Pengumpulan data
Data yang dibutuhkan dalam penyelesaian masalah adalah gambar *General Arrangement* Kapal perintis 750 DWT dan data jumlah penumpang. Asumsi digunakan bila terdapat keterbatasan data, atau dapat dirasionalkan dengan pertimbangan kondisi, standar, dan korelasi parameter satu dengan yang lain.
4. Perhitungan beban pendinginan
Perhitungan beban pendinginan dilakukan dengan menggunakan rumus dan standard dari ISO7547:2002. Perhitungan terdiri dari *heat transmision* (persamaan 2.1), *solar heat* (persamaan 2.2), *heat gain from persons*, *het gain from lamp & equipment*.
5. Desain / Perencanaan
Perencanaan kebutuhan suplai udara dingin ataupun udara ventilasi dilakukan menggunakan standar ISO7547:2002. Perencanaan saluran udara dilakukan dengan menggunakan *equal friction method* sesuai data

General Arrangement kapal yang telah didapat. Perencanaan saluran udara untuk suplai menggunakan *equal friction method*. Dalam perencanaan ukuran *ducting*, kecepatan udara pada saluran utama berkisar 4.5-8 m/s, sedangkan pada saluran cabang berkisar pada 2.5 – 3 m/s (Porges,2001) Kemudian dilakukan pemilihan mesin pendingin ataupun perangkat lain (*blower*) yang dibutuhkan dalam sistem.

6. Analisa CFD

Analisa CFD dilakukan dengan melalui beberapa proses berikut, yaitu pembuatan model ruangan yang akan dianalisa menggunakan AutoCAD 3D 2007, kemudian dilakukan *converting* sesuai format file untuk ICEM CFD. Kemudian dilakukan proses *meshing*, *running setup*, *running simulation* Menggunakan software Ansys 14. *Running setup* dilakukan untuk memasukkan data yang akan dianalisa menggunakan *solver CFD*, data tersebut berupa data hasil perhitungan panas total yang diterima oleh ruangan. *Meshing* merupakan proses penandaan titik – titik yang akan dianalisa oleh *solver CFD*. Hasil dari *running simulation* adalah *post-CFD* berupa gambar.

7. Analisa dan kesimpulan

Dengan membandingkan antara penggunaan AC *central* dan AC *split* ditinjau dari kebutuhan daya mesin pendingin udara, distribusi udara dingin dan desain *duct system*. Maka diketahui sistem pendingin yang lebih sesuai untuk kapal perintis 750 DWT

BAB IV PERHITUNGAN DAN PERENCANAAN

4.1 Perhitungan Beban Panas

Perhitungan beban panas dilakukan menggunakan standard ISO 7547:2002, perhitungan terdiri dari *heat transmission*, *solar heat*, *heat gain from persons*, *het gain from lamp & equipment*.

Tabel 4. 1 Beban panas pada ruangan

No	Room	Heat Gain (kW)				
		Heat transmission	Solar heat	Persons	Lamp& equipment	Total
1	Pass 1	2.84	0.20	11.52	14.40	28.96
2	Pass 2	2.03	1.36	7.44	8.99	19.81
3	Pass 3	3.35	1.72	15.00	23.09	43.17
4	Cadet	0.66	0.23	0.24	0.21	1.34
5	Clinic	0.42	0.20	0.24	0.17	1.04
6	Crew	0.57	0.20	0.48	0.17	1.43
7	Musholah	0.62	0.18	0.24	0.14	1.18
8	Mess room	0.44	0.30	1.20	0.81	2.75
9	Crew	0.22	0.25	0.48	0.18	1.13
10	Crew	0.35	0.14	0.48	0.22	1.19
11	Officer	0.46	0.34	0.12	0.27	1.19
12	Crew	0.42	0.28	0.72	0.26	1.67
13	Comparador	0.52	0.31	0.12	0.20	1.15
14	Chief Eng	0.49	0.25	0.12	0.24	1.10
15	Wheel house	1.31	0.92	1.18	2.38	5.79
16	Owner room	0.53	0.32	0.12	0.20	1.17

17	Captain	0.50	0.30	0.12	0.24	1.16
TOTAL		15.73	7.51	39.82	52.17	115.22

4.2 Perencanaan Untuk AC Split

4.2.1 Kebutuhan Udara Ventilasi

Pada perencanaan penggunaan AC split, kebutuhan udara ventilasi harus dipenuhi guna menjamin kebutuhan udara segar untuk pernafasan manusia. Kapasitas udara yang disuplai kedalam ruangan tidak boleh kurang dari $0.008 \text{ m}^3/\text{s}$ untuk tiap orang (ISO7547, 2002).

Tabel 4. 2 Suplai udara segar pada penggunaan AC split

No	Room	Jenis ruangan	Kebutuhan udara segar	Jumlah orang	Suplai Udara Segar
			$\text{m}^3/\text{s}/\text{org}$		m^3/detik
1	Pax 1	Kamar tidur	0.008	96	0.768
2	Pax 2	Kamar tidur	0.008	62	0.496
3	Pax 3	Ruang duduk	0.008	125	1
4	Cadet	Kamar tidur	0.008	2	0.016
5	Clinic	Kamar tidur	0.008	2	0.016
6	Crew	Kamar tidur	0.008	4	0.032
7	Musholah	Kamar tidur	0.008	2	0.016
8	Mess room	Kamar tidur	0.008	10	0.08
9	Crew	Kamar tidur	0.008	4	0.032
10	Crew	Kamar tidur	0.008	4	0.032
11	Officer	Kamar tidur	0.008	1	0.008
12	Crew	Kamar tidur	0.008	6	0.048
13	Comparador	Kamar tidur	0.008	1	0.008

14	Chief Eng	Kamar tidur	0.008	1	0.008
15	Wheel house	Kamar tidur	0.008	5	0.04
16	Owner room	Kamar tidur	0.008	1	0.008
17	Captain	Kamar tidur	0.008	1	0.008
Total					2.616

4.2.2 Perencanaan Saluran Udara Suplai

Perencanaan saluran udara untuk suplai menggunakan *equal friction method*. Jalur suplai dibuat menjadi dua jalur sebagai antisipasi apabila terjadi masalah pada satu jalur. Sehingga suplai udara tidak terhenti secara keseluruhan, namun setengah kebutuhan suplai masih terpenuhi (ukuran ducting pada *duct system* terlampir pada lampiran A).

- Kapasitas udara saluran utama (Q) = 2.616 m³/s
 Kecepatan udara (V) = 8 m/s

$$d = \sqrt{\frac{4 \times 2.616}{\pi \times 8}}$$

$$d = 0.65 \text{ m (rectangular duct : 0.6 m x 0.6 m)}$$

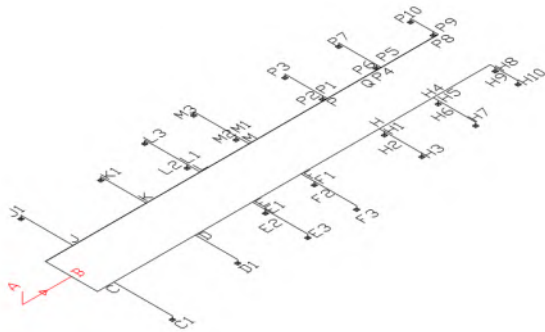
- Friction loss* pada saluran utama A-B

$$\Delta P = \frac{\rho \times f \times L \times v^2}{d \times 2}$$

$$\Delta P = \frac{1.131 \times 0.0161 \times 3.7 \times 8^2}{0.65 \times 2}$$

$$\Delta P = 3.562 \text{ Pa}$$

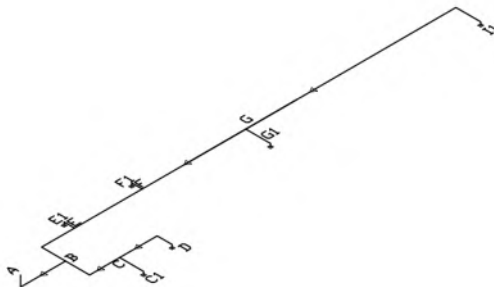
$$\Delta P/L = 0.962 \text{ Pa/m}$$



Gambar 4. 1 Duct system untuk suplai udara segar

4.2.3 Perencanaan Saluran Udara Exhaust

Perencanaan saluran udara untuk *exhaust* menggunakan *equal friction method*. Dalam perencanaan ukuran *ducting*, kecepatan udara pada saluran utama berkisar 4.5-8 m/s, sedangkan pada saluran cabang berkisar pada 2.5 – 3 m/s (Porges,2001). Ukuran *ducting* pada *duct system* terlampir pada lampiran B.



Gambar 4. 2 Exhaust duct system

4.2.4 Pemilihan AC split

Berdasarkan dari hasil perhitungan beban panas ruangan, maka kapasitas pendinginan AC split minimal

Tabel 4. 3 Pemilihan AC split di ruang penumpang

No	Ruangan	Jumlah orang	Beban panas (kW)	Beban Udara Segar (kW)	AC yg dipilih			
					Cooling capacity (kW)	Jumlah AC	Cooling capacity (kW)	Jumlah AC
1	Pax1	96	28.96	0.06	3.400	-	4.982	7
2	Pax2	62	19.81	0.04	3.400	4	4.982	2
3	Pax3	125	43.17	0.07	3.400	6	4.982	6

Tabel 4. 4 Pemilihan AC split di ruang akomodasi ABK

No	Nama	Jumlah orang	Beban panas	Beban Udara Segar (W)	AC yg dipilih		
			W		Cooling capacity (W)	Kebutuhan jumlah AC	AC yang dipilih
1	Cadet	2	1336.28	0.75422	2051	0.65	1
2	Clinic	2	1036.20	0.75422	1348	0.77	1
3	Crew	4	1426.54	1.50844	2051	0.70	1
4	Musholah	2	1179.38	0.75422	1348	0.88	1
5	Mess room	10	2746.74	3.7711	2051	1.34	2
6	Crew	4	1133.46	1.50844	1348	0.84	1
7	Crew	4	1190.28	1.50844	1348	0.88	1
8	Officer	1	1194.08	0.37711	1348	0.89	1
9	Crew	6	1668.68	2.26266	2051	0.82	1
10	Comparador	1	1150.20	0.37711	1348	0.85	1
11	Chief Eng	1	1099.82	0.37711	1348	0.82	1

12	Wheel house	5	5791.92	1.88555	2051	2.83	3
13	Owner room	1	1165.32	0.37711	1348	0.86	1
14	Captain	1	1155.12	0.37711	1348	0.86	1

4.2.5 Pemilihan Blower Udara Suplai & Exhaust

Pemilihan spesifikasi dari *blower* adalah berdasarkan kapasitas blower dan juga losses yang terjadi pada jalur terpanjang sistem saluran udara. Kapasitas minimum *blower* yang dibutuhkan adalah $2.632 \text{ m}^3/\text{s}$. Losses pada jalur sistem saluran udara terjauh adalah dari titik A-Z₄ dengan rincian perhitungan sebagai berikut :

- *Friction Loss*
 Panjang jalur = 38.5 m
 Friction loss per meter = 0.96 Pa/m
 Friction loss = 36.96 Pa
- *Dynamic loss* = 36.53 Pa
- *Total losses* = 73.49 Pa

Dari perhitungan diatas maka dipilih dua blower (*supply* dan *exhaust*) dengan spesifikasi berikut :

 Merk : Hartzell
 Type : S31-246WB-ST
 Air flow : 1500-10900 CFM
 Static pressure : 0.5" of water
 Power : 3 HP

4.3 Perencanaan Untuk AC central

4.3.1 Kebutuhan Suplai Udara Pada AC Central

Untuk menanggulangi panas yang diderita oleh ruangan maka dilakukan perhitungan suplai udara dingin

kedalam ruangan menggunakan persamaan 2.3, dengan rincian sebagai berikut :

Tabel 4. 5 Kapasitas udara pada udara AC central

No	Room	Heat gain	Jumlah orang	Udara yg harus disuplai	Udara resirkulasi
		kW		m ³ /detik	m ³ /detik
1	Pax 1	28.96	96	2.844	1.706
2	Pax 2	19.81	62	1.946	1.167
3	Pax 3	43.17	125	4.239	2.543
4	Cadet	1.34	2	0.131	0.079
5	Clinic	1.04	2	0.102	0.061
6	Crew	1.43	4	0.140	0.084
7	Musholah	1.18	2	0.116	0.069
8	Mess room	2.75	10	0.270	0.162
9	Crew	1.13	4	0.111	0.067
10	Crew	1.19	4	0.117	0.070
11	Officer	1.19	1	0.117	0.070
12	Crew	1.67	6	0.164	0.098
13	Comparador	1.15	1	0.113	0.068
14	Chief Eng	1.10	1	0.108	0.065
15	Wheel house	5.79	5	0.569	0.341
16	Owner room	1.17	1	0.114	0.069
17	Captain	1.16	1	0.113	0.068
TOTAL				11.314	6.788

4.3.2 Perencanaan Saluran Udara Suplai

Perencanaan saluran udara untuk suplai menggunakan *equal friction method*. Jalur suplai dibuat menjadi dua jalur sebagai antisipasi apabila terjadi masalah pada satu jalur. Sehingga suplai udara tidak

terhenti secara keseluruhan, namun setengah kebutuhan suplai masih terpenuhi (ukuran *ducting* pada *duct system* terlampir pada lampiran C).

$$\text{Kapasitas udara saluran utama (Q)} = 11.314 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Kecepatan udara (V)} = 8 \text{ m/s}$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \times 11.314}{\pi \times 8}}$$

$$d = 1.34 \text{ m (rectangular duct : 1.5 m x 1 m)}$$

- Friction loss pada saluran utama A-B

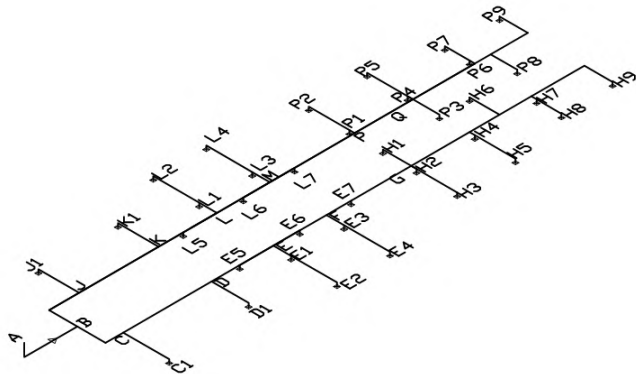
$$L = 3.7 \text{ m (panjang saluran utama)}$$

$$\Delta P = \frac{\rho \times f \times L \times v^2}{d \times 2}$$

$$\Delta P = \frac{1.161 \times 0.014 \times 3.7 \times 8^2}{1.366 \times 2}$$

$$\Delta P = 1.41 \text{ Pa}$$

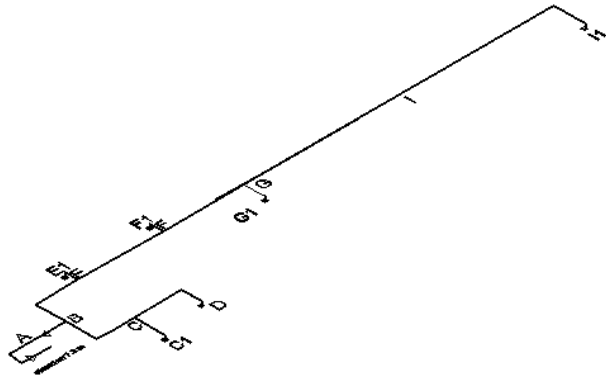
$$\Delta P/L = 0.38 \text{ Pa/m}$$



Gambar 4. 3 Duct system untuk suplai AC central

4.3.3 Perencanaan Saluran Udara Resirkulasi

Perencanaan saluran udara untuk resirkulasi menggunakan *equal friction method*. Dalam perencanaan ukuran *ducting*, kecepatan udara pada saluran utama berkisar 4.5-8 m/s, sedangkan pada saluran cabang berkisar pada 2.5 – 3 m/s (Porges,2001). Ukuran *ducting* pada *duct system* terlampir pada lampiran D.



Gambar 4. 4 Duct system untuk udara resirkulasi

4.3.4 Pemilihan AC central

Dengan kapasitas minimum AHU yang dibutuhkan adalah $11.314 \text{ m}^3/\text{s}$. Losses pada jalur sistem saluran udara terjauh adalah dari titik A-Z₄ dengan rincian perhitungan sebagai berikut :

- Friction Loss
Panjang jalur = 39 m
Friction loss per meter = 0.38 Pa/m
Total friction loss = 14.82 Pa
- Dynamic loss
Dynamic loss = 33.16 Pa
- Total loss = 47.98 Pa

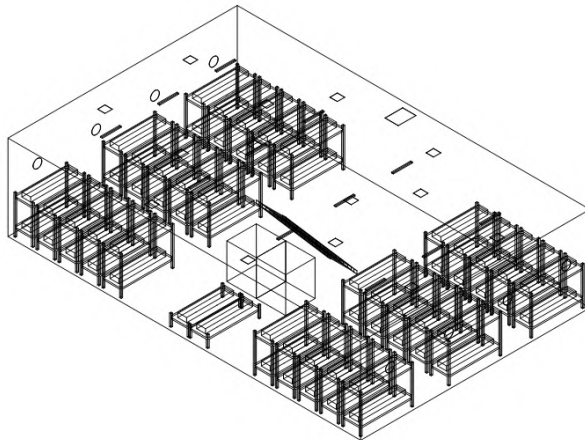
Dari pertimbangan beban pendinginan dan *losses* pada *duct system*, maka dipilih AC central dengan spesifikasi sebagai berikut :

Merk	: Teknotherm
Type	: CECE350
Air flow	: 29000-51000 m ³ /h
Static pressure	: 1000 Pa
Power	: 28 kW

4.4 Simulasi CFD

4.4.1 Pembuatan Model

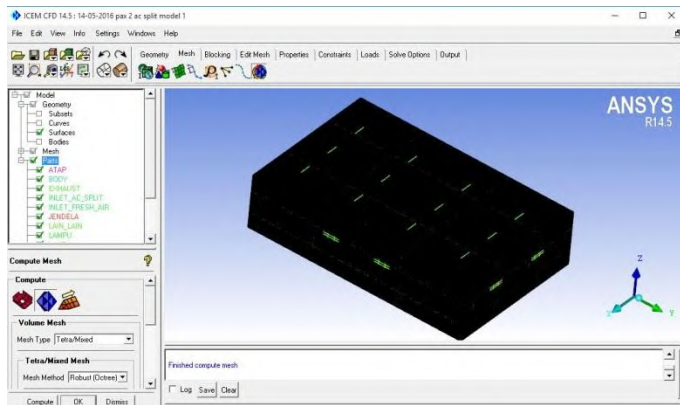
Pembuatan *geometry* ruangan menggunakan software Auto CAD 2007. Kemudian dilakukan *converting* ke software Solidwork. Hasil output Solidwork tersebut akan disimulasikan pada ANSYS CFX. Berikut adalah model 3D ruang penumpang 2 pada software Auto CAD 2007.



Gambar 4. 5 Geometry ruang penumpang 2

4.4.2 Meshing

Tahapan ini dimulai dengan konversi desain ruangan dari aplikasi Auto CAD ke *Solidworks* kemudian ke ANSYS CFX. Kemudian dilakukan penamaan setiap parameter simulasi seperti *inlet*, *outlet*, dan *walls*. Langkah selanjutnya adalah *meshing*. *Meshing* merupakan langkah pembagian objek menjadi bagian bagian yang lebih kecil. Semakin kecil meshing yang dibuat maka hasil perhitungan akan semakin teliti namun membutuhkan daya komputasi yang besar.



Gambar 4. 6 Hasil meshing ruang penumpang 2

4.4.3 Pre-Processor

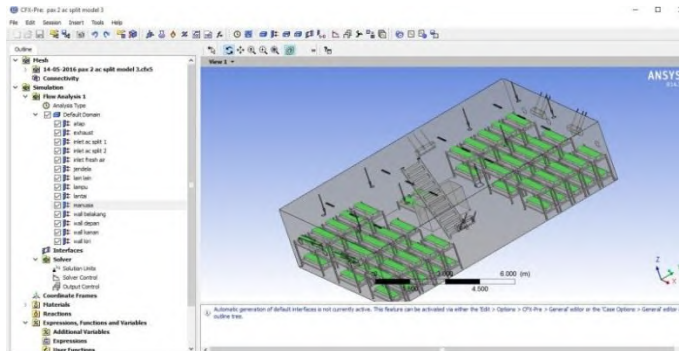
Setelah meshing berhasil, maka akan dilakukan pengaturan-pengaturan (*setup*) untuk input parameter simulasi, karakter fluida yang masuk & keluar, dan jumlah literasi.

Langkah-langkah dalam tahap pre-processing yaitu:

- *Input geometry region* yang telah di buat
- Pemecahan *domain* menjadi beberapa *sub domain* yang lebih kecil dari hasil *meshing geometry*.
- Pemilihan fenomena fisik yang perlu dimodelkan

- Definisi properties fluida

Berikut adalah contoh proses Pre-Processor :



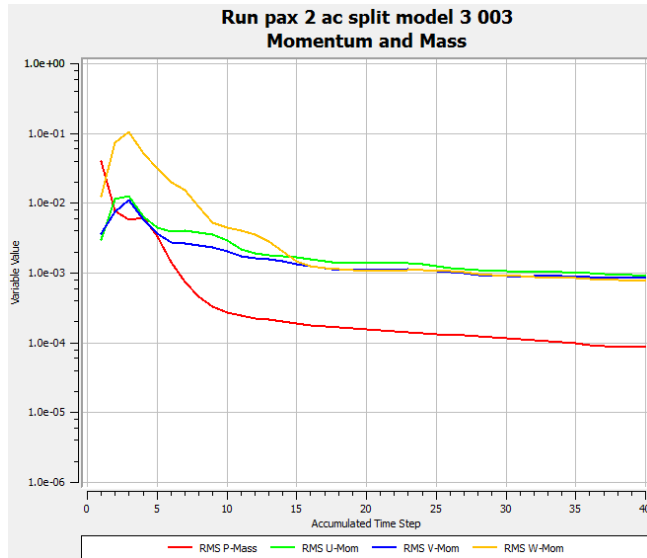
Gambar 4. 7 Pre-processor ruang penumpang 2

4.4.4. Solver Running

Dalam tahap ini CFD akan dilakukan perhitungan terhadap model yang di buat pada tahap *pre processor*. Kerangka utama metode numerik untuk dasar sebuah *solver* terdiri dari langkah langkah:

- Aproksimasi variabel-variabel aliran yang tidak diketahui dengan fungsi-fungsi sederhana.
- Diskretisasi dengan substitusi aproksimasi ke dalam persamaan atur aliran dan manipulasi matematis lanjut.

Berikut adalah proses solver running :



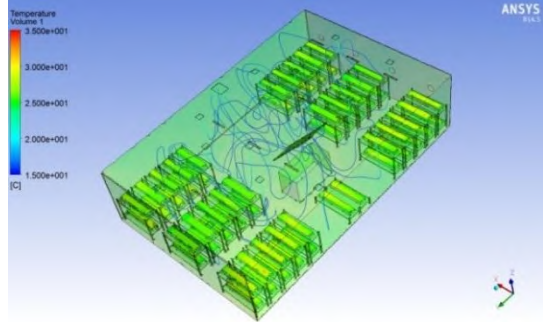
Gambar 4. 8 Grafik solver running

4.4.5 Post-Processor

Data hasil simulasi model yang dibutuhkan dari proses post processor yaitu :

- Gambar surface sifat fluida
- Animasi aliran fluida
- Tampilan vector kecepatan
- Arah aliran fluida

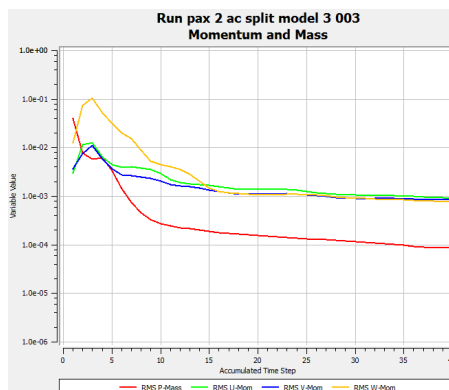
Hasil proses post-processor adalah sebagai berikut :



Gambar 4. 9 Hasil post-processor

4.4.6 Proses Validasi Simulasi

Untuk membuktikan bahwa simulasi berjalan sesuai proses yang benar maka dapat diketahui dari grafik solver running, solver running berhenti sesuai dengan setting jumlah literasi yang dimasukkan, yaitu 40 literasi. Data yang dimasukkan pada pre-processor adalah sesuai dengan data hasil perhitungan sebelumnya, yaitu :



Gambar 4. 10 Running selesai sesuai jumlah literasi

4.5 Kemudahan Service

HVAC sistem sering dioperasikan dan dipelihara tidak efisien karena kesenjangan pengetahuan antara pedoman desain dan praktek pemeliharaan dibantu dengan teknik deteksi kesalahan. Berdasarkan studi yang difokuskan pada implikasi biaya yang nyata termasuk perbaikan, penggantian, dan kegagalan prematur. Survei menyimpulkan bahwa desain diikuti oleh praktek operasi dan pemeliharaan adalah yang paling penting. Air Handling Unit (AHU) ataupun unit fan coil adalah yang paling penting, komponen tersebut menyebabkan 30% *error* dan 48,2% dari total biaya (Das, 2007). Berikut perbandingan kemudahan *service* untuk *AC central* dan *AC split*.

a) *On board repair*

- AC central

Terkendala tenaga ahli diatas kapal, sebab AC central merupakan perangkat yang lebih rumit dibanding AC split.

- AC split

Lebih mudah, sebab AC split merupakan perangkat yang lebih sederhana dan lebih umum.

b) *Spare parts*

- AC central

Komponen pengganti dapat disiapkan sebelumnya, dengan berdasar panduan umum kerusakan.

- AC split

Komponen pengganti dapat disiapkan sebelumnya, dengan berdasar panduan umum kerusakan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

ANALISA DESAIN

5.1 Analisa Daya

Lingkup tinjauan dari jumlah daya yang dibutuhkan kapal untuk penggunaan jenis AC *central* adalah mesin pendingin, sedangkan pada penggunaan AC *split* adalah terdiri dari mesin pendingin (AC) dan *blower*.

5.1.1 AC Central

Untuk menyuplai seluruh kebutuhan udara dingin di kapal sebesar $11.314 \text{ m}^3/\text{s}$ ($40730.4 \text{ m}^3/\text{h}$) maka dipilih AC central dengan spesifikasi berikut :

Merk : Teknotherm
 Type : CECE350
 Air flow : $29000\text{-}51000 \text{ m}^3/\text{h}$
 Static pressure : 1000 Pa
 Power : 28 kW

Rincian kebutuhan udara dingin di kapal adalah sebagai berikut :

Tabel 5. 1 Kebutuhan suplai udara dingin (22°C) AC central

No	Room	Heat gain	Jumlah orang	Udara yg harus disuplai	Udara resirkulasi
		kW		m^3/detik	m^3/detik
1	Pax 1	29.11	96	2.84	1.71
2	Pax 2	19.92	62	1.94	1.18
3	Pax 3	43.08	125	4.23	2.54
4	Cadet	1.34	2	0.13	0.08
5	Clinic	1.04	2	0.10	0.06
6	Crew	1.43	4	0.14	0.08

7	Musholah	1.18	2	0.12	0.07
8	Mess room	2.76	10	0.27	0.16
9	Crew	1.14	4	0.11	0.07
10	Crew	1.20	4	0.12	0.07
11	Officer	1.20	1	0.12	0.07
12	Crew	1.68	6	0.16	0.10
13	Comparador	1.15	1	0.11	0.07
14	Chief Eng	1.10	1	0.11	0.06
15	Wheel house	5.82	5	0.57	0.34
16	Owner room	1.17	1	0.11	0.07
17	Captain	1.16	1	0.11	0.07
TOTAL				11.314	6.78

5.1.2 AC Split

Pada penggunaan AC split di kapal, maka dibutuhkan daya sebesar :

Tabel 5. 2 Kebutuhan daya AC split

Merk/type	Cooling Capacity (W)	Jumlah AC	Daya (W)	Total daya (W)
LG-BS-Q186C8A4	3400	10	980	9800
LG-BS-Q126B8A4	4982	15	1450	21750
LG-T05NLA	1348	9	395	3555
LG-T07NLA	2051	8	645	5160
Total				40265

Tabel 5. 3 Kebutuhan daya blower

Merk/type	Air Flow (CFM)	Static Pressure (in of water)	Daya (hp)	Daya (W)	Jumlah blower	Total Daya (W)
Hartzell S31-246WB-ST	10900	0.5	3	2237.07	2	4474.14

Total daya yang dibutuhkan pada penggunaan AC split adalah :
 = Kebutuhan total daya AC split + kebutuhan total daya blower
 = 40265 W + 4474.14 W
 = 44739.14 W
 = 44.73 kW

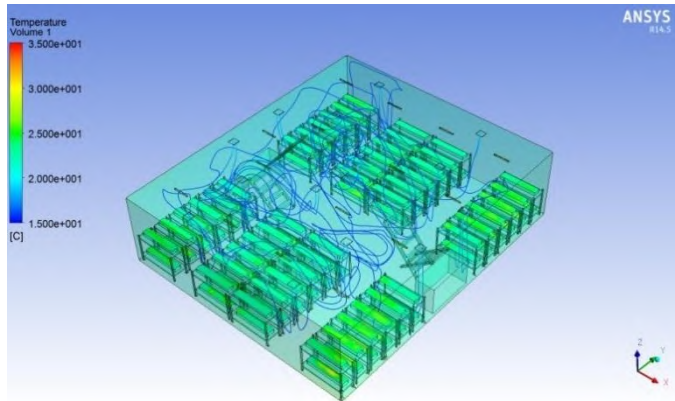
5.2 Analisa Hasil Simulasi CFD

5.2.1 AC Central

Setelah dilakukan simulasi terhadap masing – masing 3 perencanaan pengkondisian udara AC central dan 3 perencanaan AC split di 3 ruang penumpang. Maka didapat hasil perencanaan terbaik sebagai berikut (simulasi lain terlampir pada lampiran E) :

a) Ruang penumpang-1

Pada desain ini outlet AC central berjumlah 14 dengan peletakan tersebar disekitar tempat tidur penumpang, sedangkan suction udara resirkulasi terletak di 5.7 m dari dinding belakang ruangan. Udara dingin yang disuplai kedalam ruangan adalah udara bertemperatur 22°C dengan kapasitas 2.844 m³/s (20% lebih banyak dari kebutuhan), sedangkan kapasitas udara resirkulasi adalah 1.706 m³/s. Hasil yang didapat dari simulasi CFD adalah



Gambar 5. 1 Ruang penumpang -1 (AC central desain ke-1)

Ditinjau dari distribusi temperatur pada ruangan, tidak terdapat perbedaan suhu udara yang ekstrim dalam ruangan. Suhu udara berkisar pada 22°C-24°C. Suhu udara disekitar tubuh manusia pada tempat tidur bervariasi dengan rincian sebagai berikut :

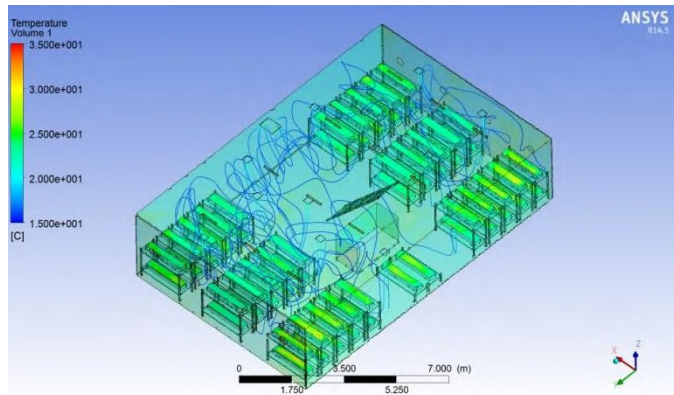
- ❖ Manusia di tempat tidur atas
 - Suhu 22°C - 24°C : 38 orang
 - Suhu 25°C - 27°C : 10 orang
 - Suhu 27°C - 31°C : 0 orang
- ❖ Manusia di tempat tidur bawah
 - Suhu 22°C - 24°C : 18 orang
 - Suhu 25°C - 27°C : 30 orang
 - Suhu 28°C - 31°C : 0 orang
- ❖ Prosentase suhu udara disekitar manusia adalah
 - Suhu 22°C - 24°C : 58.3 %
 - Suhu 25°C - 27°C : 41.7 %
 - Suhu 28°C - 31°C : 0 %

Dengan hasil diatas, maka 100% suhu udara di ruangan pada penerapan desain AC central ke-1 telah

memenuhi kriteria dari ISO7547, yaitu suhu ruangan tidak lebih dari 27°C.

b) Ruang penumpang-2

Pada desain ini *outlet* AC central berjumlah 14 dengan peletakan tersebar disekitar tempat tidur penumpang, sedangkan *suction* udara resirkulasi terletak di 0.5 m dari dinding depan ruangan. Udara dingin yang disuplai kedalam ruangan adalah udara bertemperatur 22°C dengan kapasitas 1.946 m³/s (20% lebih banyak dari kebutuhan), sedangkan kapasitas udara resirkulasi adalah 1.167 m³/s. Hasil yang didapat dari simulasi CFD adalah



Gambar 5. 2 Ruang penumpang-2 (AC central desain ke-1)

Ditinjau dari distribusi temperatur pada ruangan, tidak terdapat perbedaan suhu udara yang ekstrim dalam ruangan. Suhu udara berkisar pada 22°C-24°C. Suhu disekitar tubuh manusia pada tempat tidur bervariasi dengan rincian sebagai berikut :

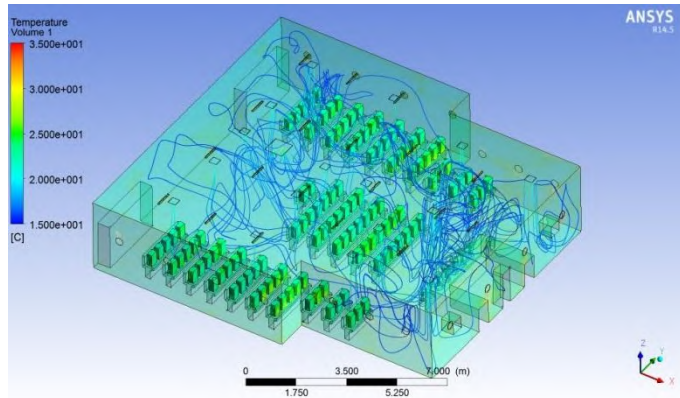
- ❖ Manusia di tempat tidur atas
 - Suhu 22°C - 24°C : 24 orang

- Suhu 25°C - 27°C : 6 orang
- Suhu 27°C - 31°C : 0 orang
- ❖ Manusia di tempat tidur bawah
 - Suhu 22°C - 24°C : 24 orang
 - Suhu 25°C - 27°C : 8 orang
 - Suhu 28°C - 31°C : 0 orang
- ❖ Prosentase suhu udara disekitar manusia adalah
 - Suhu 22°C - 24°C : 70.9 %
 - Suhu 25°C - 27°C : 29.1 %
 - Suhu 28°C - 31°C : 0 %

Dengan hasil diatas, maka 100% suhu udara di ruangan pada penerapan desain AC central ke-1 telah memenuhi kriteria dari ISO7547, yaitu suhu ruangan tidak lebih dari 27°C .

c) Ruang penumpang-3

Pada desain ini outlet AC central berjumlah 18 dengan peletakan tersebar disekitar tempat tidur penumpang, sedangkan suction udara resirkulasi terletak di 4.8 m dari dinding belakang ruangan. Udara dingin yang disuplai kedalam ruangan adalah udara bertemperatur 22°C dengan kapasitas $4.239 \text{ m}^3/\text{s}$ (20% lebih banyak dari kebutuhan), sedangkan kapasitas udara resirkulasi adalah $2.543 \text{ m}^3/\text{s}$. Hasil yang didapat dari simulasi CFD adalah



Gambar 5. 3 Ruang penumpang-3 (AC central desain ke-2)

Ditinjau dari distribusi temperatur pada ruangan, tidak terdapat perbedaan suhu udara yang ekstrim dalam ruangan. Suhu udara berkisar pada 22°C-24°C. Suhu disekitar tubuh manusia pada tempat tidur bervariasi dengan rincian sebagai berikut :

- ❖ Suhu manusia di tempat duduk :
 - Suhu 22°C - 24°C : 82 orang
 - Suhu 25°C - 27°C : 43 orang
 - Suhu 28°C - 31°C : 0 orang
- ❖ Prosentase suhu udara disekitar manusia adalah
 - Suhu 22°C - 24°C : 65.6 %
 - Suhu 25°C - 27°C : 34.4 %
 - Suhu 28°C - 31°C : 0 %

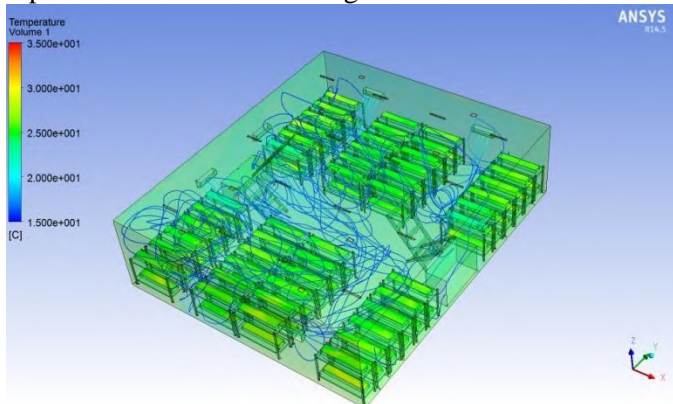
Dengan hasil diatas, maka 100% suhu udara di ruangan pada penerapan desain AC central ke-2 telah memenuhi kriteria dari ISO7547, yaitu suhu ruangan tidak lebih dari 27°C.

5.2.2 AC Split

Setelah dilakukan simulasi terhadap 3 rencana pengkondisian ruangan pada ruang penumpang-2. Maka didapat hasil sebagai berikut :

a) Ruang penumpang-1

Jumlah AC yang dipilih adalah 7 AC split dengan kapasitas masing masing mesin pendinginan 4982 W. Peletakan 4 AC split masing masing 2 di dinding kanan dan kiri, 2 AC split di dinding belakang dan 1 AC split di dinding depan . Kapastias pendinginan AC split yang dipilih adalah 20.1% lebih tinggi dari kebutuhan. Total *air flow* AC split 2.002 m³/s dengan suhu 22°C Maka diperoleh hasil simulasi sebagai berikut:



Gambar 5. 4 Ruang penumpang-1 (AC split desain ke-2)

Ditinjau dari distribusi temperatur pada ruangan, tidak terdapat perbedaan suhu udara yang ekstrim dalam ruangan. Suhu udara berkisar pada 24°C-26°C. Suhu disekitar tubuh manusia pada tempat tidur bervariasi dengan rincian sebagai berikut :

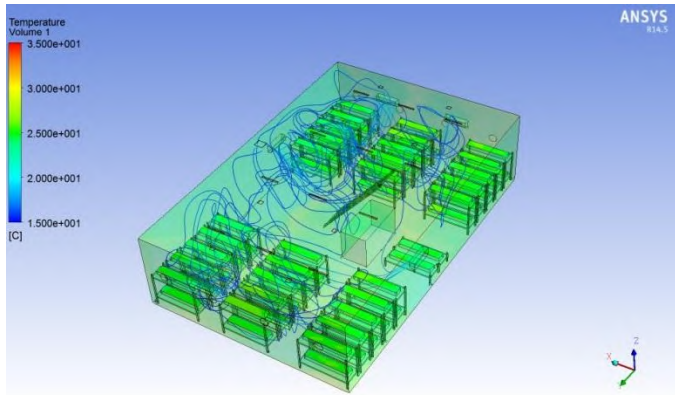
- ❖ Manusia di tempat tidur atas

- Suhu 22°C - 24°C : 3 orang
- Suhu 25°C - 27°C : 43 orang
- Suhu 28°C - 31°C : 2 orang
- ❖ Manusia di tempat tidur bawah
 - Suhu 22°C - 24°C : 0 orang
 - Suhu 25°C - 27°C : 30 orang
 - Suhu 28°C - 31°C : 18 orang
- ❖ Prosentase suhu udara disekitar manusia adalah
 - Suhu 22°C - 24°C : 3.1 %
 - Suhu 25°C - 27°C : 76.0 %
 - Suhu 28°C - 31°C : 20.9 %

Dengan hasil diatas, maka 79.1% suhu udara di ruangan pada penerapan desain AC split ke-2 telah memenuhi kriteria dari ISO7547, yaitu suhu ruangan tidak lebih dari 27°C.

b) Ruang penumpang-2

Jumlah AC yang dipilih adalah 6 AC split. Terdiri dari 4 AC split berkapasitas pendinginan 3400 W dan 2 AC split berkapasitas pendinginan 4982 W. Peletakan 4 AC split kapasitas pendingin 3400 W masing masing 2 di dinding kanan dan kiri. Dan masing masing 1 AC split kapasitas pendingin 4982 W di dinding depan dan belakang. Kapastias pendinginan AC split yang dipilih adalah 18.7% lebih tinggi dari kebutuhan. Total *air flow* AC split 1.372 m³/s dengan suhu 22°C. Maka diperoleh hasil simulasi sebagai berikut:



Gambar 5. 5 Ruang penumpang-2 (AC split desain ke-3)

Ditinjau dari distribusi temperatur pada ruangan, tidak terdapat perbedaan suhu udara yang ekstrim dalam ruangan. Suhu udara berkisar pada 24°C-26°C. Suhu disekitar tubuh manusia pada tempat tidur bervariasi dengan rincian sebagai berikut :

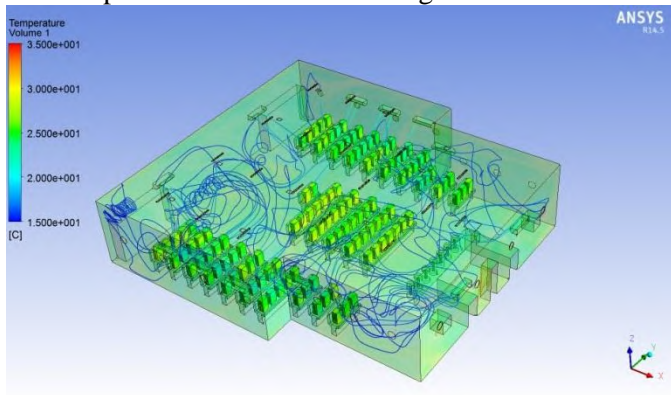
- ❖ Manusia di tempat tidur atas
 - Suhu 22°C - 24°C : 6 orang
 - Suhu 25°C - 27°C : 24 orang
 - Suhu 28°C - 31°C : 0 orang
- ❖ Manusia di tempat tidur bawah
 - Suhu 22°C - 24°C : 2 orang
 - Suhu 25°C - 27°C : 30 orang
 - Suhu 28°C - 31°C : 0 orang
- ❖ Prosentase suhu udara disekitar manusia adalah
 - Suhu 22°C - 24°C : 12.9 %
 - Suhu 25°C - 27°C : 87.1 %
 - Suhu 28°C - 31°C : 0 %

Dengan hasil diatas, maka 100% suhu udara di ruangan pada penerapan desain AC split ke-3 telah

memenuhi kriteria dari ISO7547, yaitu suhu ruangan tidak lebih dari 27°C.

c) Ruang penumpang-3

Jumlah AC yang dipilih adalah 12 AC split. Terdiri dari 6 AC split berkapasitas pendinginan 3400 W dan 6 AC split berkapasitas pendinginan 4982 W. Peletakan 6 AC split kapasitas pendingin 4982 W masing masing 3 di dinding kanan dan kiri. Peletakan 6 AC split kapasitas pendingin 3400 W masing masing 2 AC split di dinding depan dan belakang, masing masing 1 AC split di dinding kanan dan kiri. Kapasitas pendinginan AC split yang dipilih adalah 16.3% lebih tinggi dari kebutuhan. Total *air flow* AC split 2.916 m³/s dengan suhu 22°C. Maka diperoleh hasil simulasi sebagai berikut:



Gambar 5. 6 Ruang penumpang-3 (AC split desain ke-3)

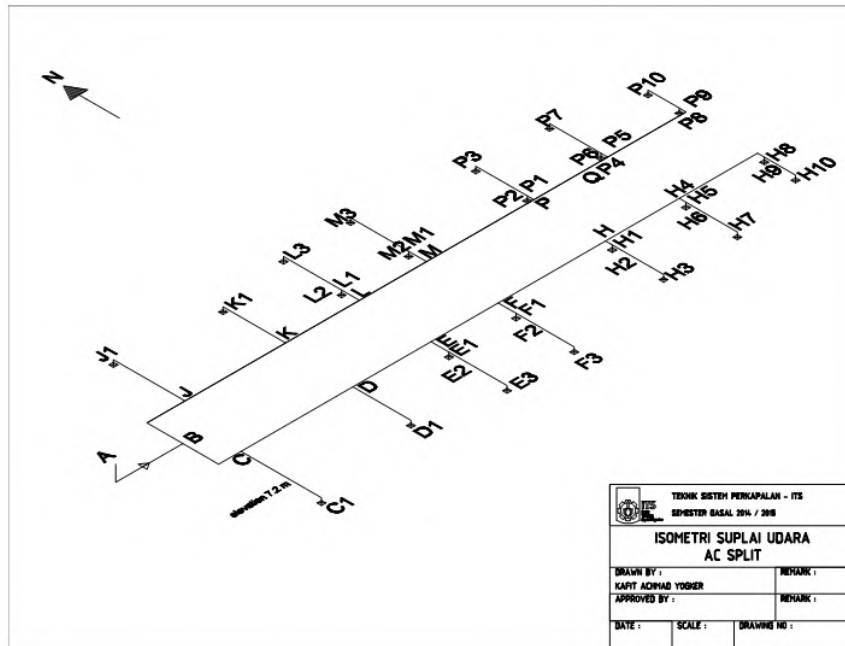
Ditinjau dari distribusi temperatur pada ruangan, tidak terdapat perbedaan suhu udara yang ekstrim dalam ruangan. Suhu udara berkisar pada 24°C-26°C. Suhu disekitar tubuh manusia pada tempat tidur bervariasi dengan rincian sebagai berikut :

- ❖ Suhu manusia di tempat duduk :
 - Suhu 22°C - 24°C : 22 orang
 - Suhu 25°C - 27°C : 88 orang
 - Suhu 28°C - 31°C : 15 orang
- ❖ Prosentase suhu udara disekitar manusia adalah
 - Suhu 22°C - 24°C : 17.6 %
 - Suhu 25°C - 27°C : 70.4 %
 - Suhu 28°C - 31°C : 12 %

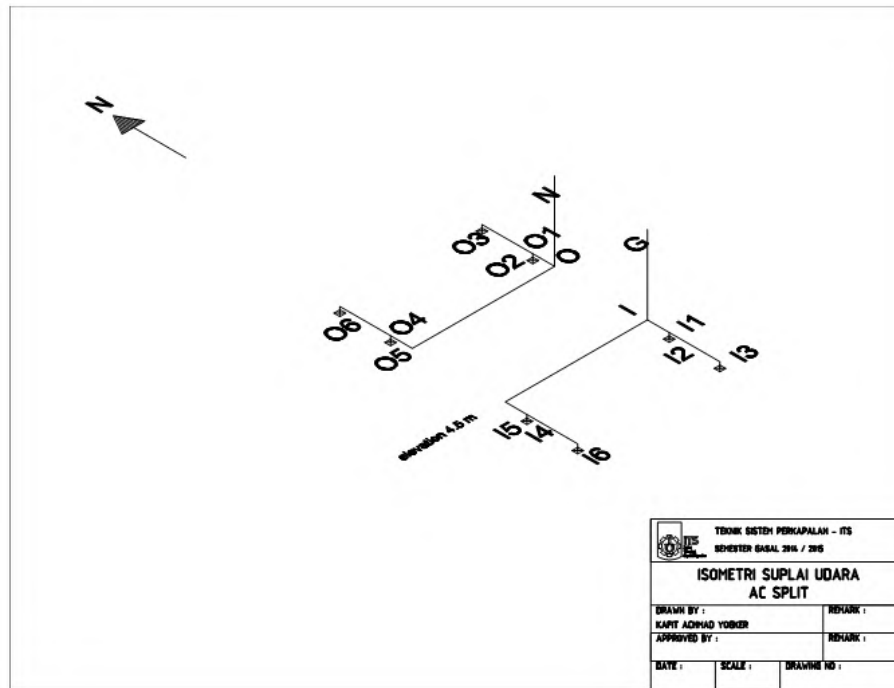
Dengan hasil diatas, maka 87.0% suhu udara di ruangan pada penerapan desain AC split ke-3 telah memenuhi kriteria dari ISO7547, yaitu suhu ruangan tidak lebih dari 27°C.

Lampiran A

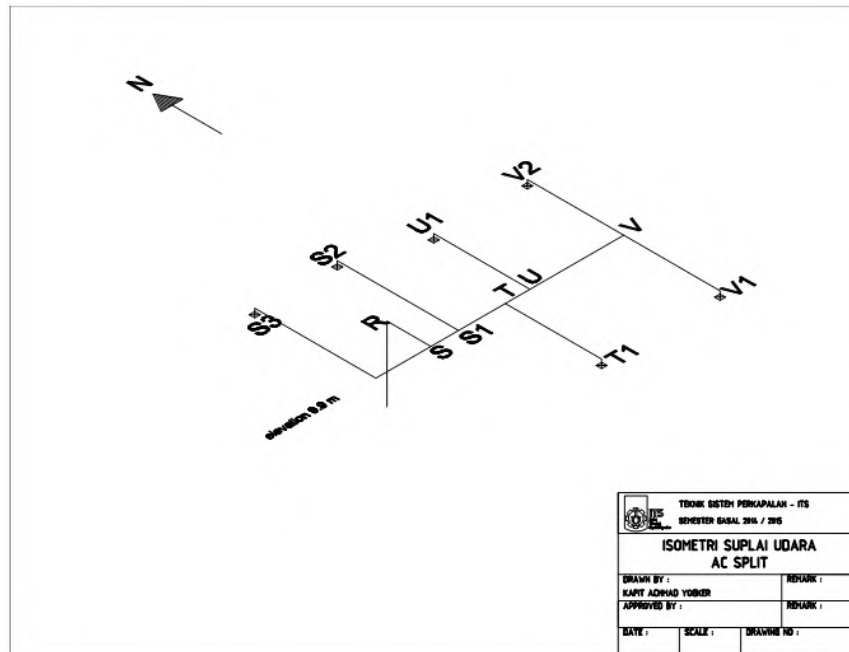
Duct system pada ketinggian 7.2m



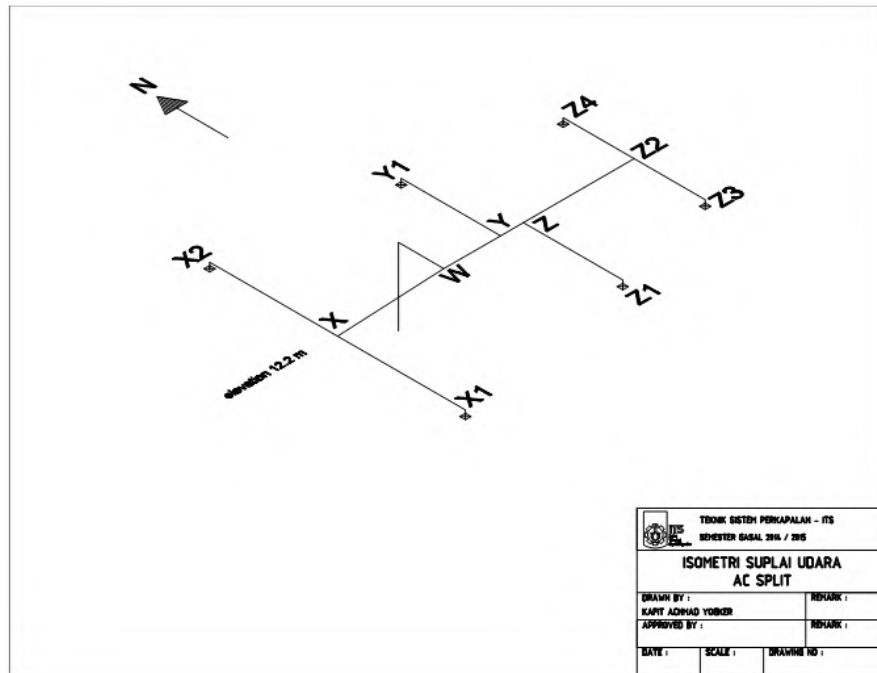
Duct system pada ketinggian 4.5m



Duct system pada ketinggian 9.9 m



Duct system pada ketinggian 12.2 m



Tabel Ukuran ducting system suplai udara AC split

Pipa Cabang	D (m)	Rectangular Duct			v	Q
		A ₁	B ₁	LUAS	m/s	m ³ /s
AB	0.65	0.60	0.60	0.360	7.27	2.62
BC	0.48	0.50	0.40	0.200	5.90	1.18
C-C1	0.09	0.10	0.10	0.010	1.60	0.02
C-D	0.48	0.45	0.45	0.203	5.75	1.16
D-D1	0.12	0.15	0.10	0.015	2.13	0.03
D-E	0.47	0.50	0.40	0.200	5.58	1.12
E-E1	0.20	0.25	0.15	0.038	3.31	0.12
E1-E2	0.16	0.15	0.15	0.023	2.76	0.06
E1-E3	0.16	0.15	0.15	0.023	2.76	0.06
E-F	0.45	0.50	0.40	0.200	5.04	1.01
F-F1	0.20	0.25	0.15	0.038	3.31	0.12
F1-F2	0.16	0.15	0.15	0.023	2.76	0.06
F1-F3	0.16	0.15	0.15	0.023	2.76	0.06
F-G	0.43	0.45	0.35	0.158	5.61	0.88
G-I	0.32	0.35	0.25	0.088	4.39	0.38
I-I1	0.24	0.25	0.20	0.050	3.84	0.19
I1-I2	0.19	0.20	0.15	0.030	3.20	0.10
I1-I3	0.19	0.20	0.15	0.030	3.20	0.10
I-I4	0.24	0.25	0.20	0.050	3.84	0.19
I4-I5	0.19	0.20	0.15	0.030	3.20	0.10
I4-I6	0.19	0.20	0.15	0.030	3.20	0.10
G-H	0.34	0.35	0.30	0.105	4.76	0.50
H-H1	0.23	0.30	0.15	0.045	3.70	0.17

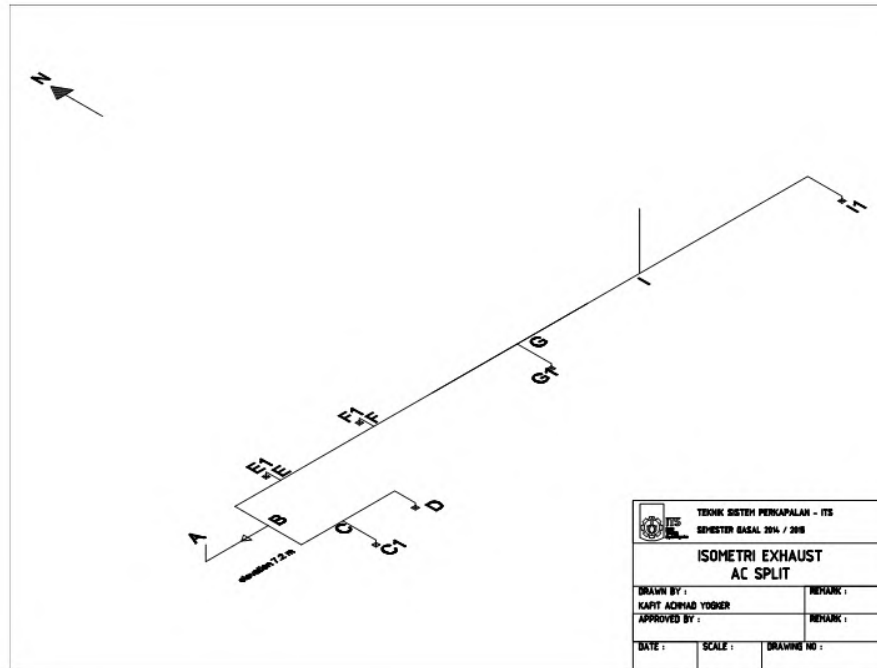
H1-H2	0.18	0.20	0.15	0.030	2.78	0.08
H1-H3	0.18	0.20	0.15	0.030	2.78	0.08
H-H4	0.30	0.30	0.25	0.075	4.44	0.33
H4-H5	0.23	0.30	0.15	0.045	3.70	0.17
H5-H6	0.18	0.20	0.15	0.030	2.78	0.08
H5-H7	0.18	0.20	0.15	0.030	2.78	0.08
H4-H8	0.23	0.30	0.15	0.045	3.70	0.17
H8-H9	0.18	0.20	0.15	0.030	2.78	0.08
H8-H10	0.18	0.20	0.15	0.030	2.78	0.08
B-J	0.59	0.60	0.50	0.300	4.79	1.44
J-J1	0.10	0.10	0.10	0.010	1.60	0.02
J-K	0.52	0.50	0.45	0.225	6.31	1.42
K-K1	0.10	0.10	0.10	0.010	1.60	0.02
K-L	0.51	0.50	0.45	0.225	6.24	1.40
L-L1	0.20	0.25	0.15	0.038	3.31	0.12
L1-L2	0.16	0.15	0.15	0.023	2.76	0.06
L1-L3	0.16	0.15	0.15	0.023	2.76	0.06
L-M	0.49	0.50	0.45	0.225	5.69	1.28
M-M1	0.20	0.25	0.15	0.038	3.31	0.12
M1-M2	0.16	0.15	0.15	0.023	2.76	0.06
M1-M3	0.16	0.15	0.15	0.023	2.76	0.06
M-N	0.49	0.50	0.45	0.225	5.14	1.16
N-O	0.32	0.35	0.25	0.088	4.39	0.38
N-P	0.41	0.40	0.35	0.140	5.51	0.77
P-P1	0.24	0.25	0.2	0.050	3.84	0.19
P1-P2	0.19	0.2	0.15	0.030	3.20	0.10

P1-P3	0.19	0.2	0.15	0.030	3.20	0.10
QP4	0.30	0.25	0.2	0.050	3.84	0.19
P4-P5	0.23	0.2	0.15	0.030	3.20	0.10
P5-P6	0.18	0.2	0.15	0.030	3.20	0.10
P5-P7	0.18	0.35	0.3	0.105	4.76	0.50
P4-P8	0.23	0.3	0.15	0.045	3.70	0.17
P8-P9	0.18	0.2	0.15	0.030	2.78	0.08
P8-P10	0.18	0.2	0.15	0.030	2.78	0.08
P-Q	0.37	0.35	0.35	0.123	4.94	0.61
Q-R	0.28	0.35	0.20	0.070	3.89	0.27
R-S	0.25	0.30	0.20	0.060	3.33	0.20
S-S3	0.14	0.20	0.10	0.020	2.00	0.04
S-S1	0.23	0.25	0.20	0.050	3.20	0.16
S1-S2	0.14	0.20	0.10	0.020	2.00	0.04
S1-T	0.21	0.25	0.15	0.038	3.20	0.12
T-T1	0.15	0.20	0.10	0.020	2.40	0.05
T-U	0.17	0.25	0.15	0.038	1.92	0.07
U-U1	0.13	0.15	0.10	0.015	2.13	0.03
U-V	0.14	0.20	0.10	0.020	2.00	0.04
V-V1	0.08	0.10	0.10	0.010	0.80	0.01
V-V2	0.13	0.15	0.10	0.015	2.13	0.03
R-W	0.17	0.25	0.15	0.038	1.92	0.07
W-X	0.10	0.10	0.10	0.010	1.60	0.02
X-X1	0.08	0.10	0.10	0.010	0.80	0.01
X-X2	0.08	0.10	0.10	0.010	0.80	0.01

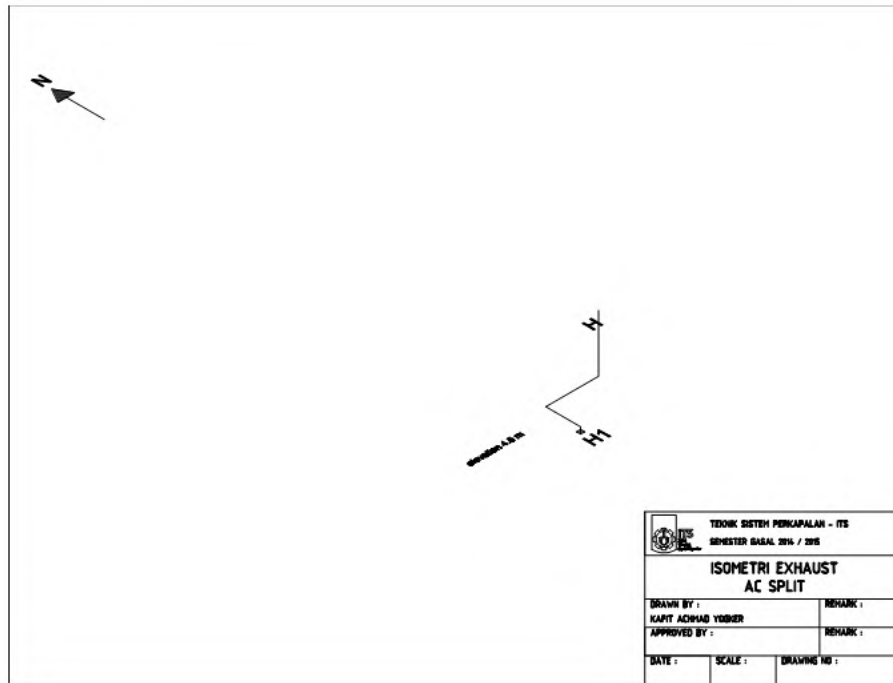
W-Y	0.16	0.15	0.15	0.023	2.49	0.06
Y-Y1	0.08	0.10	0.10	0.010	0.80	0.01
Y-Z	0.15	0.20	0.10	0.020	2.40	0.05
Z-Z1	0.08	0.10	0.10	0.010	0.80	0.01
Z-Z2	0.14	0.20	0.10	0.020	2.00	0.04
Z2-Z3	0.11	0.10	0.10	0.010	2.00	0.02
Z2-Z4	0.11	0.10	0.10	0.010	2.00	0.02

Lampiran B

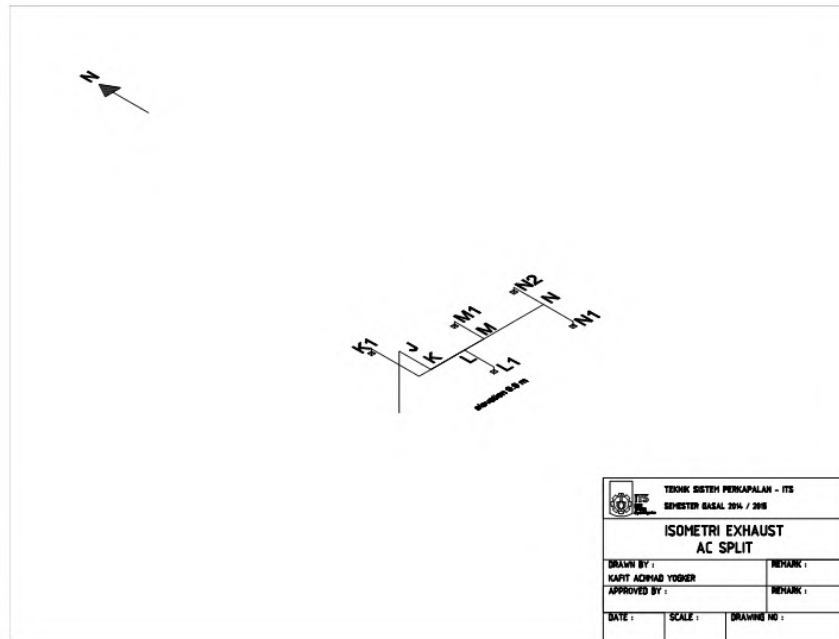
Duct system pada ketinggian 7.2 m



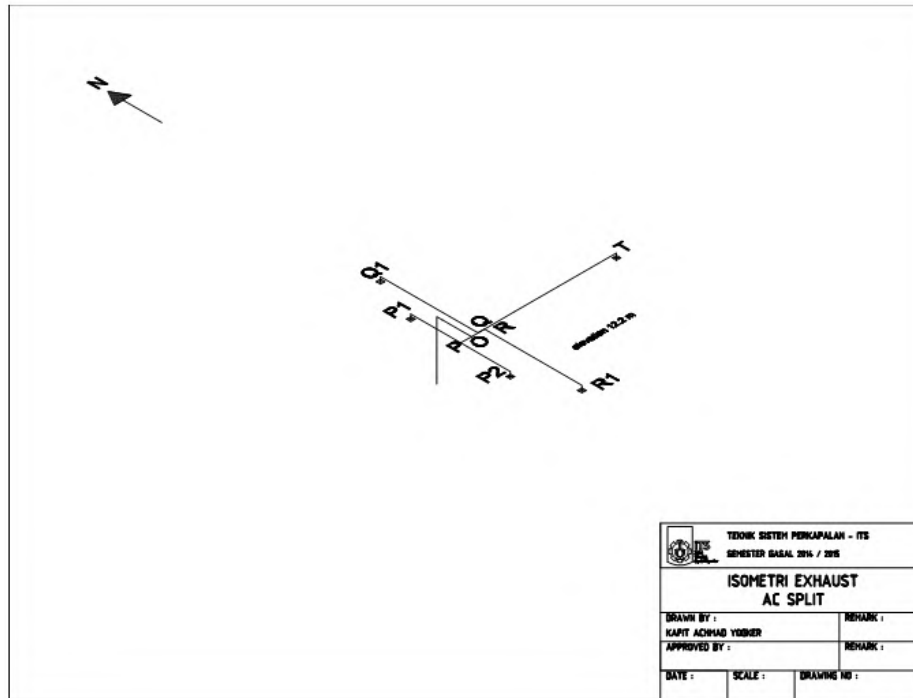
Duct system pada ketinggian 4.5



Duct system pada ketinggian 9.9 m



Duct system pada ketinggian 12.2 m



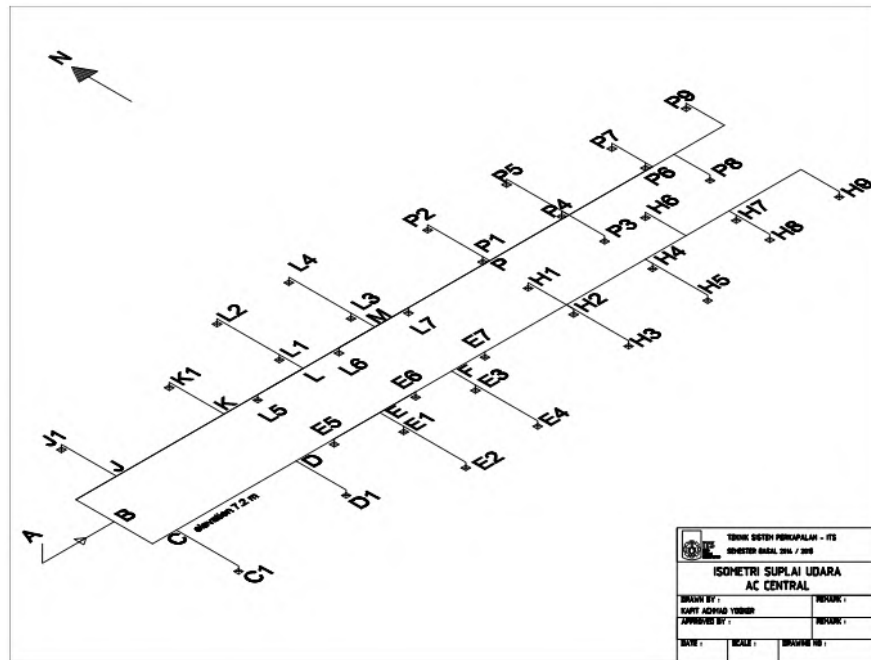
Tabel Ukuran ducting system *exhaust* AC split

Pipa Cabang	D (m)	Rectangular Duct			v	Q
		A ₁	B ₁	LUAS	m/s	m ³ /s
AB	0.645	0.60	0.60	0.360	7.27	2.62
BC	0.144	0.20	0.10	0.020	2.40	0.05
C-C1	0.096	0.10	0.10	0.010	1.60	0.02
C-D	0.124	0.15	0.10	0.015	2.13	0.03
B-E	0.640	0.70	0.50	0.350	7.34	2.57
EE1	0.095	0.10	0.10	0.010	1.60	0.02
E-F	0.638	0.70	0.50	0.350	7.29	2.55
F-F1	0.096	0.10	0.10	0.010	1.60	0.02
F-G	0.641	0.70	0.50	0.350	7.25	2.54
G-G1	0.347	0.35	0.30	0.105	4.72	0.50
G-H	0.591	0.60	0.50	0.300	6.80	2.04
H-H1	0.406	0.40	0.35	0.140	5.49	0.77
H-I	0.492	0.45	0.45	0.203	6.28	1.27
I-I1	0.464	0.45	0.45	0.203	5.36	1.09
I-J	0.280	0.30	0.20	0.060	4.53	0.27
J-K	0.251	0.30	0.20	0.060	3.33	0.20
K-K1	0.175	0.20	0.15	0.030	2.67	0.08
K-L	0.203	0.25	0.15	0.038	3.20	0.12
L-L1	0.148	0.20	0.10	0.020	2.40	0.05
L-M	0.171	0.20	0.15	0.030	2.40	0.07
M-M1	0.131	0.15	0.10	0.015	2.32	0.03
M-N	0.135	0.20	0.10	0.020	1.86	0.04
N-N1	0.076	0.10	0.10	0.010	0.80	0.01
N-N2	0.127	0.15	0.10	0.015	2.13	0.03

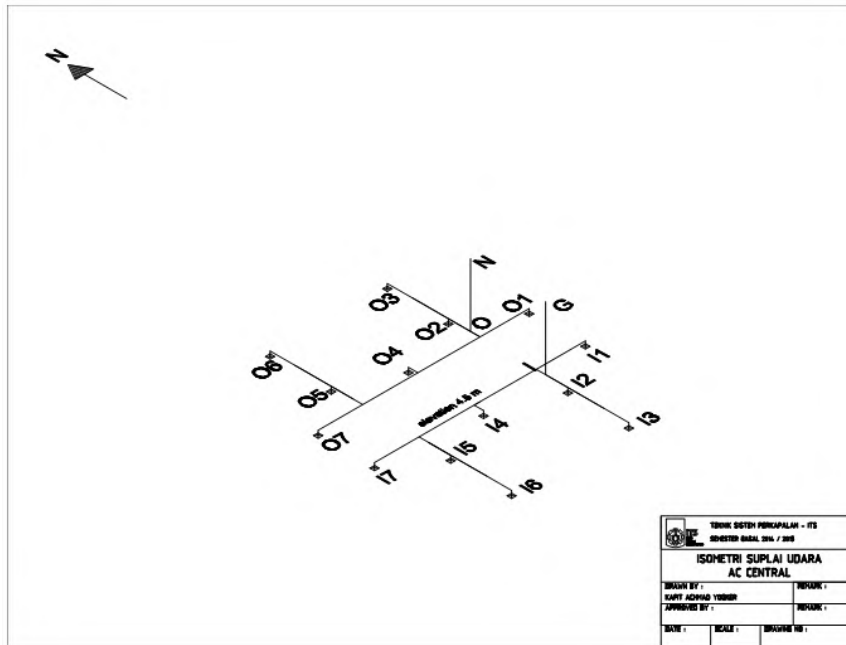
J-O	0.171	0.20	0.15	0.030	2.40	0.07
O-P	0.098	0.10	0.10	0.010	1.60	0.02
P-P1	0.076	0.10	0.10	0.010	0.80	0.01
P-P2	0.076	0.10	0.10	0.010	0.80	0.01
O-Q	0.157	0.15	0.15	0.023	2.49	0.06
Q-Q1	0.076	0.10	0.10	0.010	0.80	0.01
Q-R	0.148	0.20	0.10	0.020	2.40	0.05
R-R1	0.076	0.10	0.10	0.010	0.80	0.01
R-T	0.135	0.20	0.10	0.020	2.00	0.04

Lampiran C

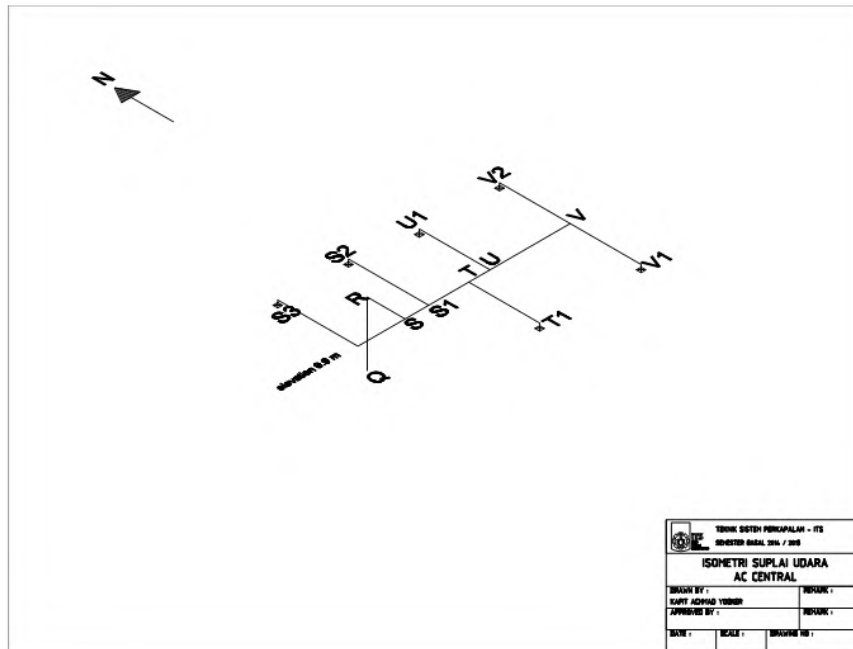
Duct system pada ketinggian 7.2 m



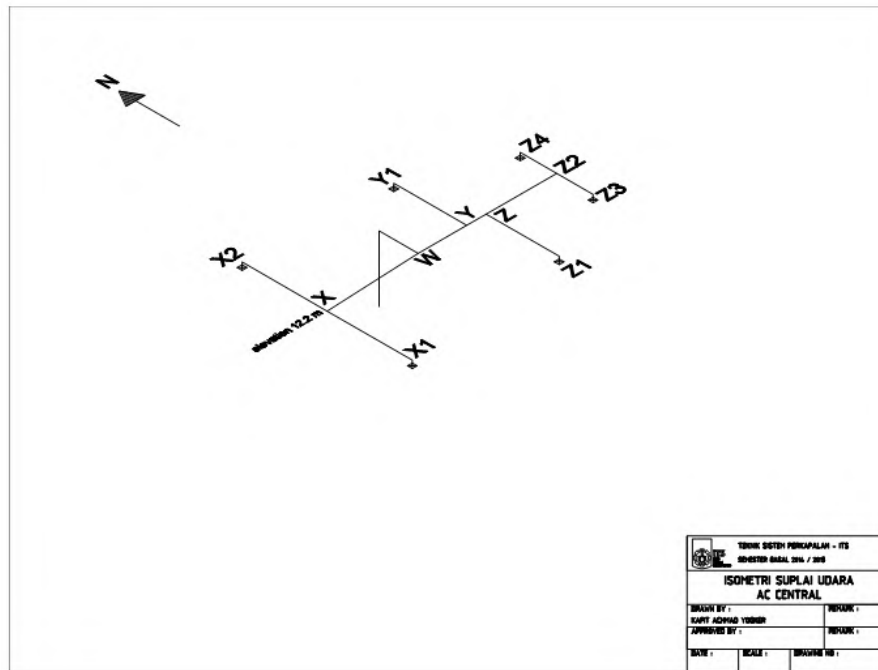
Duct system pada ketinggian 4.5 m



Duct system pada ketinggian 9.9 m



Duct system pada ketinggian 12.2 m



Tabel Ukuran ducting system suplai udara AC central

Pipa Cabang	D (m)	Rectangular Duct			v	Q
		A ₁	B ₁	LUAS	m/s	m ³ /s
AB	1.34	1.50	1.00	1.600	7.07	11.31
BC	0.96	1.00	0.90	0.900	5.30	4.77
C-C1	0.24	0.35	0.15	0.053	2.21	0.12
C-D	0.96	0.90	0.90	0.810	5.75	4.65
D-D1	0.26	0.30	0.20	0.060	2.33	0.14
D-E	0.96	0.90	0.90	0.810	5.75	4.65
E1	0.26	0.25	0.25	0.063	2.22	0.14
E2	0.26	0.25	0.25	0.063	2.22	0.14
E3	0.26	0.25	0.25	0.063	2.22	0.14
E4	0.26	0.25	0.25	0.063	2.22	0.14
E5	0.26	0.25	0.25	0.063	2.22	0.14
E6	0.26	0.25	0.25	0.063	2.22	0.14
E7	0.26	0.25	0.25	0.063	2.22	0.14
E-F	0.92	0.90	0.90	0.810	5.15	4.17
F-G	0.88	0.90	0.90	0.810	4.54	3.68
G-I	0.61	0.60	0.60	0.360	3.95	1.42
I1	0.29	0.30	0.30	0.090	2.26	0.20
I2	0.29	0.30	0.30	0.090	2.26	0.20
I3	0.29	0.30	0.30	0.090	2.26	0.20
I4	0.29	0.30	0.30	0.090	2.26	0.20
I5	0.29	0.30	0.30	0.090	2.26	0.20
I6	0.29	0.30	0.30	0.090	2.26	0.20
I7	0.29	0.30	0.30	0.090	2.26	0.20

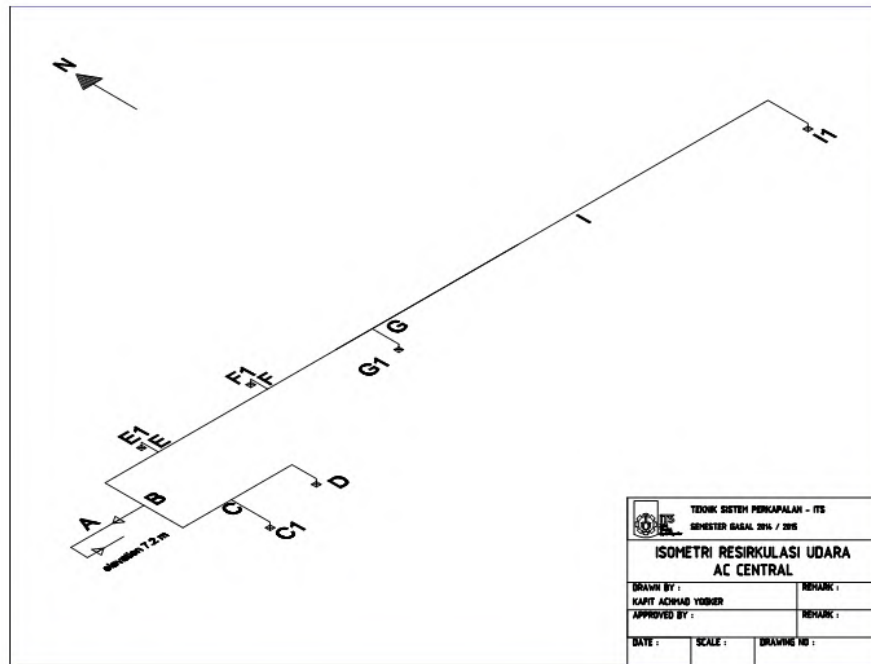
G-H	0.71	0.50	0.90	0.450	4.71	2.12
H1	0.31	0.30	0.30	0.090	2.62	0.24
H2	0.31	0.30	0.30	0.090	2.62	0.24
H3	0.31	0.30	0.30	0.090	2.62	0.24
H4	0.31	0.30	0.30	0.090	2.62	0.24
H5	0.31	0.30	0.30	0.090	2.62	0.24
H6	0.31	0.30	0.30	0.090	2.62	0.24
H7	0.31	0.30	0.30	0.090	2.62	0.24
H8	0.31	0.30	0.30	0.090	2.62	0.24
H9	0.31	0.30	0.30	0.090	2.62	0.24
B-J	1.22	1.50	0.90	1.350	6.62	8.94
J-J1	0.25	0.40	0.15	0.060	2.19	0.13
J-K	1.22	1.50	0.90	1.350	6.52	8.81
K-K1	0.22	0.30	0.15	0.045	2.26	0.10
K-L	1.22	1.50	0.90	1.350	6.45	8.71
L1	0.26	0.25	0.25	0.063	2.22	0.14
L2	0.26	0.25	0.25	0.063	2.22	0.14
L3	0.26	0.25	0.25	0.063	2.22	0.14
L4	0.26	0.25	0.25	0.063	2.22	0.14
L5	0.26	0.25	0.25	0.063	2.22	0.14
L6	0.26	0.25	0.25	0.063	2.22	0.14
L7	0.26	0.25	0.25	0.063	2.22	0.14
L-M	1.19	1.00	1.20	1.200	6.85	8.22
M-N	0.99	1.10	0.90	0.990	7.81	7.73
N-O	0.60	0.80	0.70	0.560	2.54	1.42
O1	0.29	0.30	0.30	0.090	2.26	0.20

O2	0.29	0.30	0.30	0.090	2.26	0.20
O3	0.29	0.30	0.30	0.090	2.26	0.20
O4	0.29	0.30	0.30	0.090	2.26	0.20
O5	0.29	0.30	0.30	0.090	2.26	0.20
O6	0.29	0.30	0.30	0.090	2.26	0.20
O7	0.29	0.30	0.30	0.090	2.26	0.20
N-P	0.90	0.90	0.80	0.720	5.44	3.92
P1	3.26	0.30	0.30	0.090	2.62	0.24
P2	3.26	0.30	0.30	0.090	2.62	0.24
P3	3.26	0.30	0.30	0.090	2.62	0.24
P4	3.26	0.30	0.30	0.090	2.62	0.24
P5	3.26	0.30	0.30	0.090	2.62	0.24
P6	3.26	0.30	0.30	0.090	2.62	0.24
P7	3.26	0.30	0.30	0.090	2.62	0.24
P8	3.26	0.30	0.30	0.090	2.62	0.24
P9	3.26	0.30	0.30	0.090	2.62	0.24
P-Q	0.83	0.90	0.70	0.630	5.09	3.21
Q-R	0.67	0.90	0.45	0.405	4.44	1.80
R-S	0.49	0.50	0.45	0.225	3.46	0.78
S-S3	0.25	0.30	0.20	0.060	2.25	0.13
S-S1	0.45	0.45	0.40	0.180	2.83	0.51
S1-S2	0.25	0.30	0.20	0.060	2.25	0.13
S1-T	0.41	0.45	0.35	0.158	3.23	0.51
T-T1	0.27	0.35	0.20	0.070	2.34	0.16
T-U	0.38	0.40	0.35	0.140	2.84	0.40

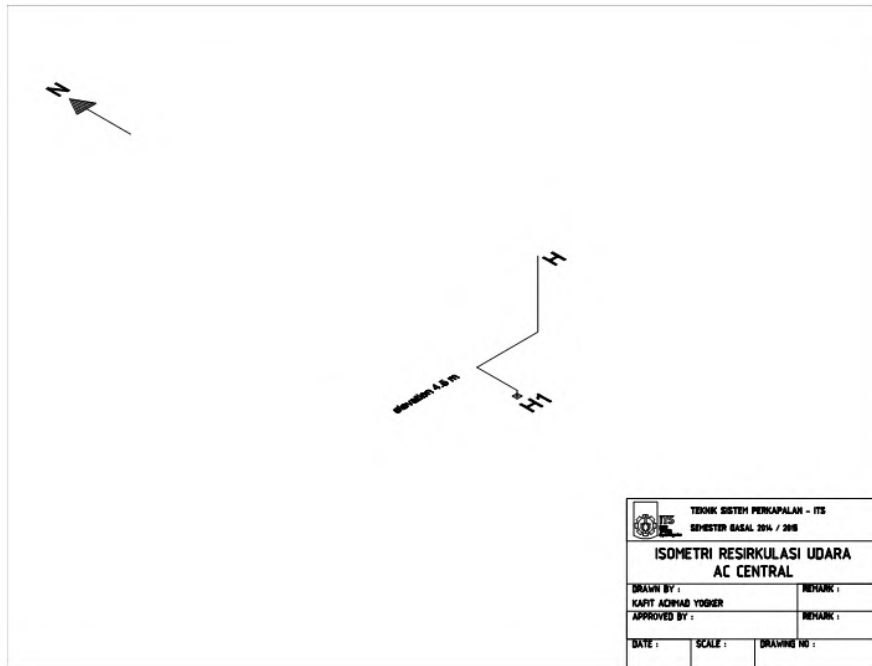
U-U1	0.23	0.25	0.20	0.050	2.23	0.11
U-V	0.33	0.35	0.30	0.105	2.68	0.28
V-V1	0.24	0.35	0.15	0.053	2.23	0.12
V-V2	0.24	0.30	0.20	0.060	1.95	0.12
R-W	0.54	0.60	0.45	0.270	3.77	1.02
W-X	0.31	0.35	0.25	0.088	2.60	0.23
X-X1	0.24	0.25	0.20	0.050	2.29	0.11
X-X2	0.24	0.25	0.20	0.050	2.26	0.11
W-Y	0.49	0.60	0.40	0.240	3.29	0.79
Y-Y1	0.23	0.25	0.20	0.050	2.16	0.11
Y-Z	0.46	0.60	0.35	0.210	3.25	0.68
Z-Z1	0.24	0.25	0.20	0.050	2.27	0.11
Z-Z2	0.43	0.50	0.35	0.175	3.25	0.57
Z2-Z3	0.33	0.40	0.25	0.100	2.84	0.28
Z2-Z4	0.33	0.40	0.25	0.100	2.84	0.28

Lampiran D

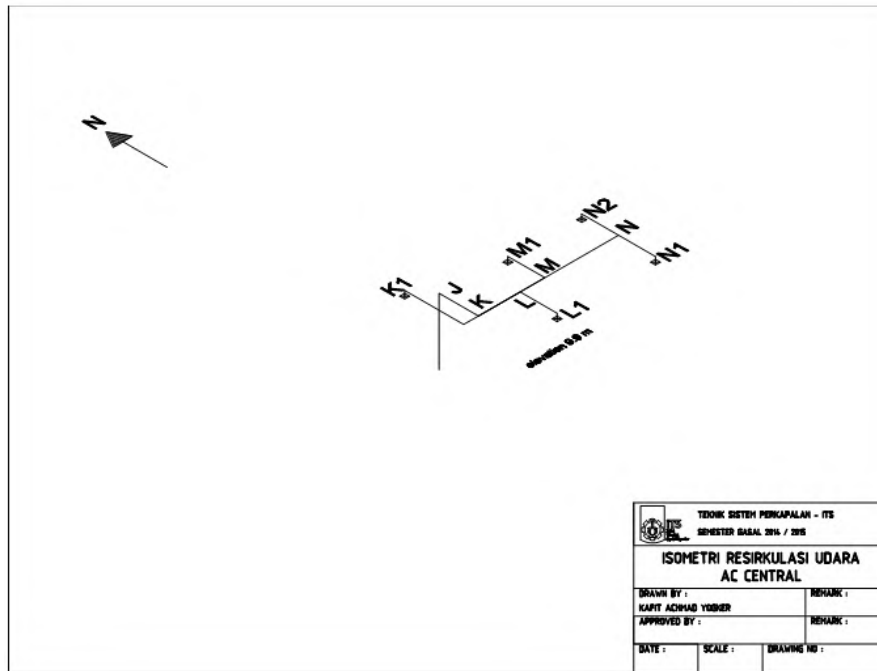
Duct system pada ketinggian 7.2 m



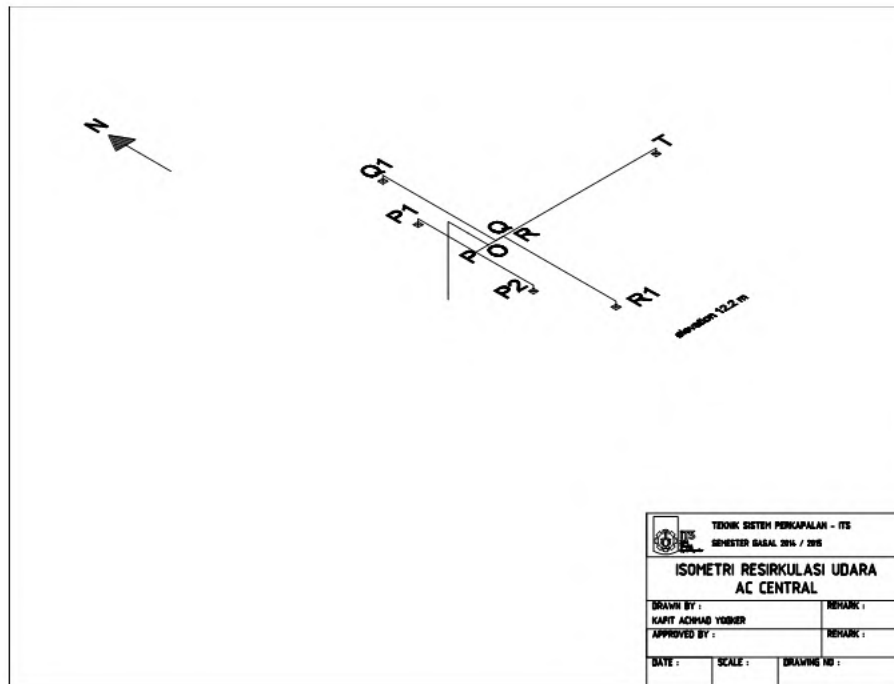
Duct system pada ketinggian 4.5 m



Duct system pada ketinggian 9.9 m



Duct system pada ketinggian 12.2 m



Tabel Ukuran ducting system resirkulasi AC central

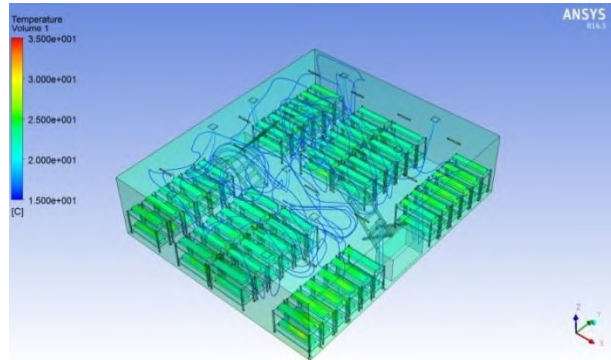
Pipa Cabang	D (m)	Rectangular Duct			v	Q
		A ₁	B ₁	LUAS	m/s	m ³ /s
AB	1.038	1.10	0.90	0.990	6.84	6.77
BC	0.250	0.30	0.20	0.060	2.56	0.15
C-C1	0.187	0.20	0.15	0.030	2.32	0.07
C-D	0.200	0.20	0.20	0.040	2.10	0.08
B-E	1.036	1.10	0.90	0.990	6.68	6.62
EE1	0.193	0.20	0.20	0.040	1.97	0.08
E-F	1.031	1.10	0.90	0.990	6.60	6.54
F-F1	0.176	0.20	0.15	0.030	2.03	0.06
F-G	1.027	1.10	0.90	0.990	6.54	6.48
G-G1	0.537	0.60	0.45	0.270	4.32	1.17
G-H	0.948	0.90	0.90	0.810	6.55	5.31
H-H1	0.625	0.70	0.50	0.350	4.88	1.71
H-I	0.823	0.90	0.70	0.630	5.72	3.60
I-I1	0.722	0.70	0.70	0.490	5.15	2.52
I-J	0.520	0.60	0.40	0.240	4.49	1.08
J-K	0.380	0.40	0.35	0.140	3.34	0.47
K-K1	0.256	0.25	0.25	0.063	2.59	0.16
K-L	0.324	0.35	0.30	0.105	2.91	0.31
L-L1	0.213	0.20	0.20	0.040	2.46	0.10
L-M	0.280	0.35	0.20	0.070	2.96	0.21
M-M1	0.184	0.20	0.15	0.030	2.23	0.07
M-N	0.242	0.30	0.20	0.060	2.34	0.14
N-N1	0.186	0.25	0.15	0.038	1.88	0.07
N-N2	0.188	0.25	0.15	0.038	1.87	0.07

J-O	0.419	0.45	0.35	0.158	3.88	0.61
O-P	0.239	0.30	0.20	0.060	2.27	0.14
P-P1	0.193	0.20	0.20	0.040	1.69	0.07
P-P2	0.194	0.20	0.20	0.040	1.72	0.07
O-Q	0.382	0.40	0.35	0.140	3.39	0.47
Q-Q1	0.180	0.20	0.15	0.030	2.16	0.06
Q-R	0.360	0.40	0.30	0.120	3.41	0.41
R-R1	0.194	0.20	0.20	0.040	1.70	0.07
R-T	0.335	0.35	0.30	0.105	3.25	0.34

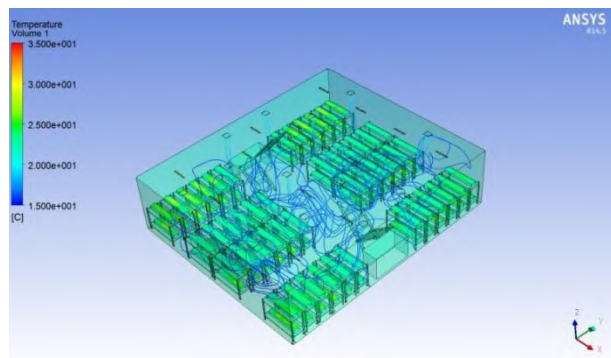
Lampiran E

❖ Analisa Distribusi Udara pada Ruang Penumpang 1

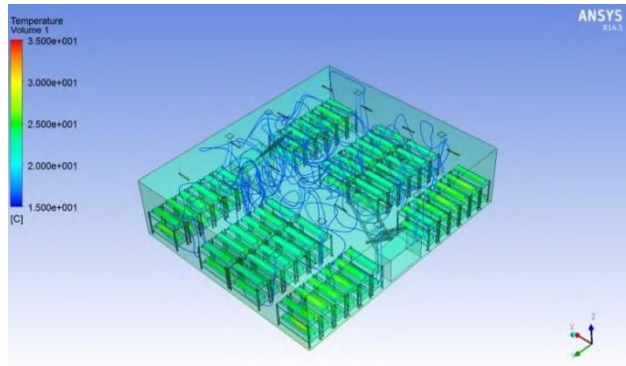
- AC central



Gambar Distribusi udara dan suhu pada ruang penumpang 1 (AC central desain ke-1)

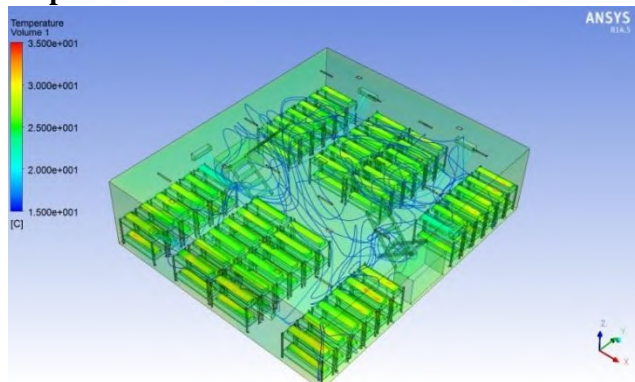


Gambar Distribusi udara dan suhu pada ruang penumpang 1 (AC central desain ke-2)

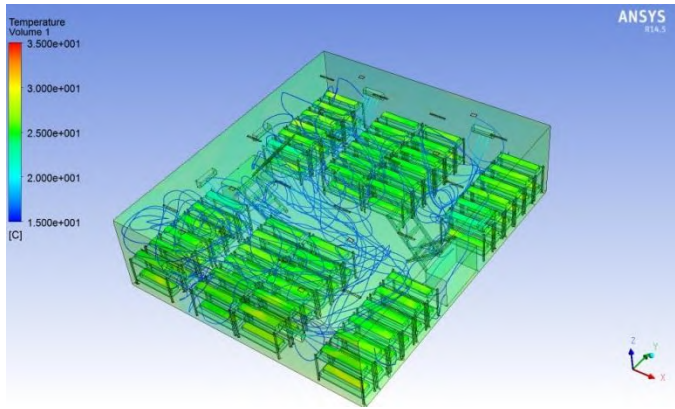


Gambar Distribusi udara dan suhu pada ruang penumpang 1 (AC central desain ke-3)

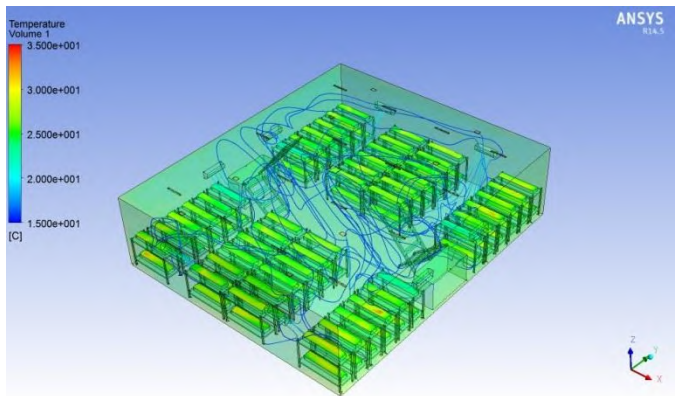
- **AC Split**



Gambar Distribusi udara dan suhu pada ruang penumpang 1 (AC split desain ke-1)

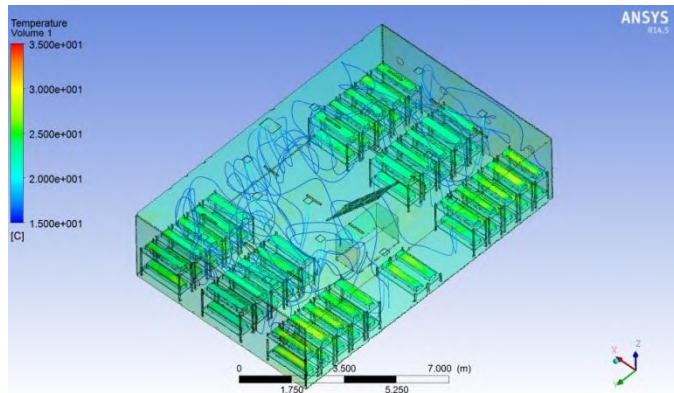


Gambar Distribusi udara dan suhu pada ruang penumpang 1 (AC split desain ke-2)

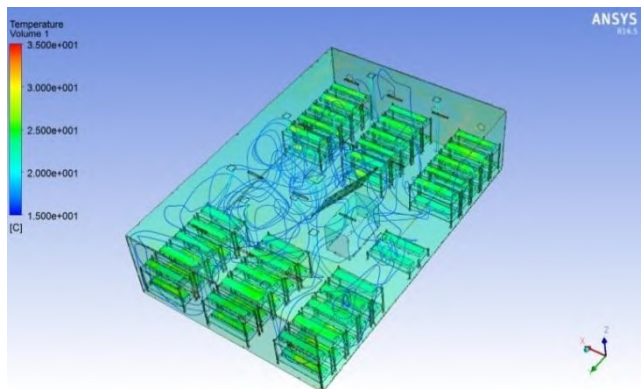


Gambar Distribusi udara dan suhu pada ruang penumpang 1 (AC split desain ke-3)

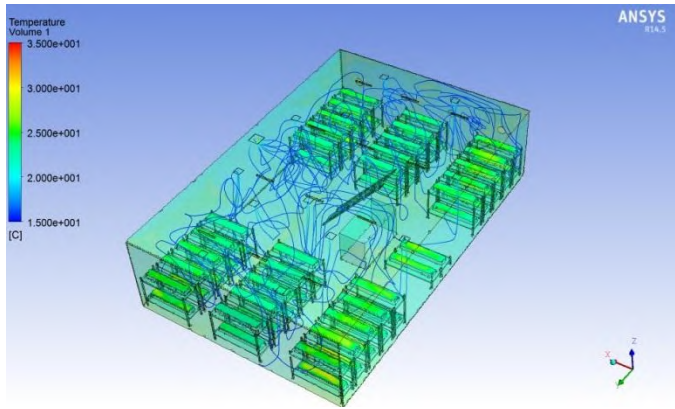
- ❖ **Analisa Distribusi Udara pada Ruang Penumpang 2**
- **AC Central**



Gambar distribusi udara dan suhu pada ruang penumpang 2 (AC central desain ke-1)

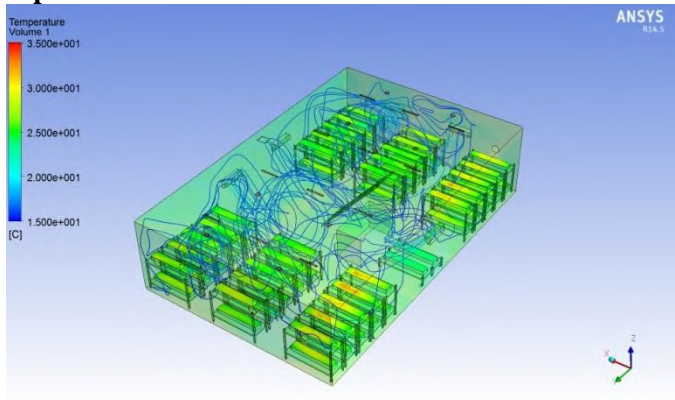


Gambar distribusi udara dan suhu pada ruang penumpang 2 (AC central desain ke-2)

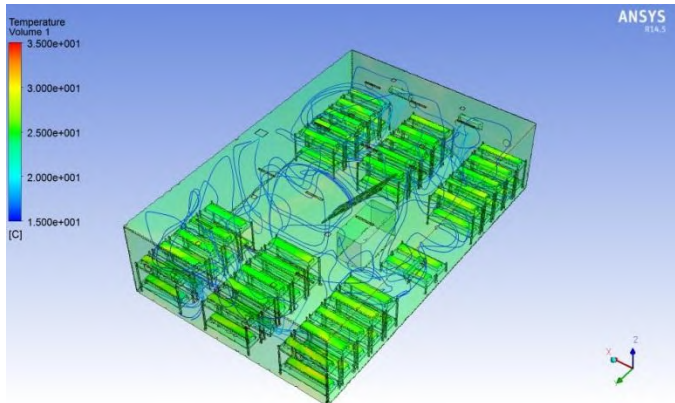


Gambar distribusi udara dan suhu pada ruang penumpang 2 (AC central desain ke-3)

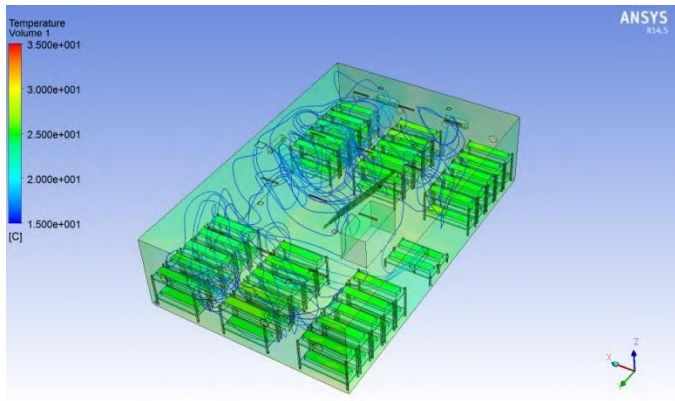
- **AC Split**



Gambar distribusi udara dan suhu pada ruang penumpang 2 (AC split desain ke-1)

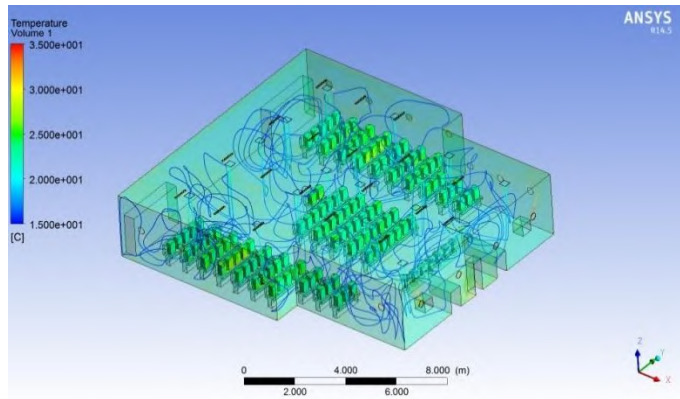


Gambar distribusi udara dan suhu pada ruang penumpang 2 (AC split desain ke-2)

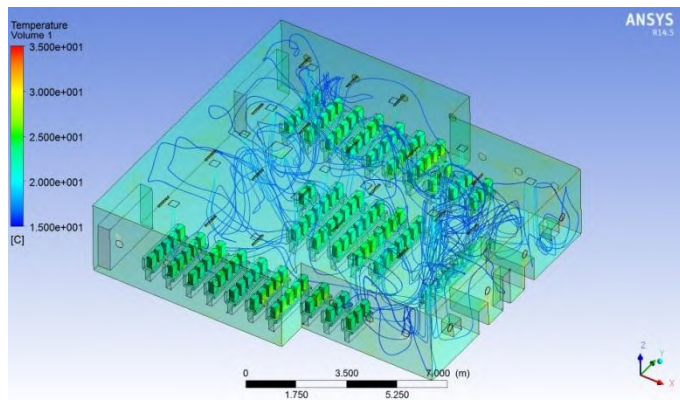


Gambar distribusi udara dan suhu pada ruang penumpang 2 (AC split desain ke-3)

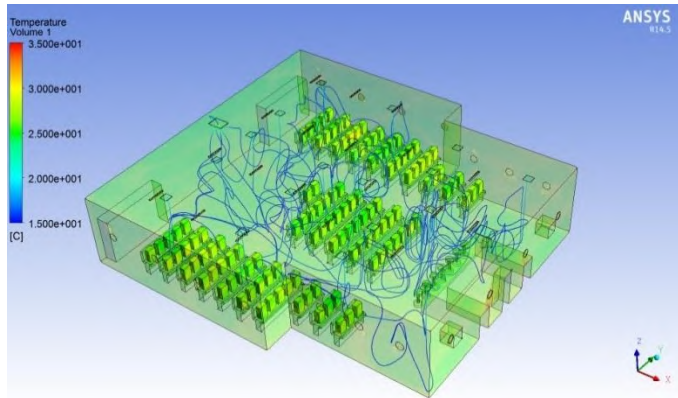
- ❖ **Analisa Distribusi Udara pada Ruang Penumpang 3**
- **AC Central**



Gambar distribusi udara dan suhu pada ruang penumpang 3 (AC central desain ke-1)

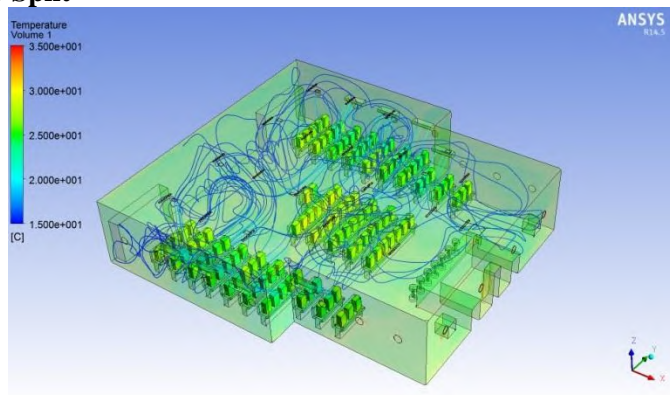


Gambar distribusi udara dan suhu pada ruang penumpang 3 (AC central desain ke-2)

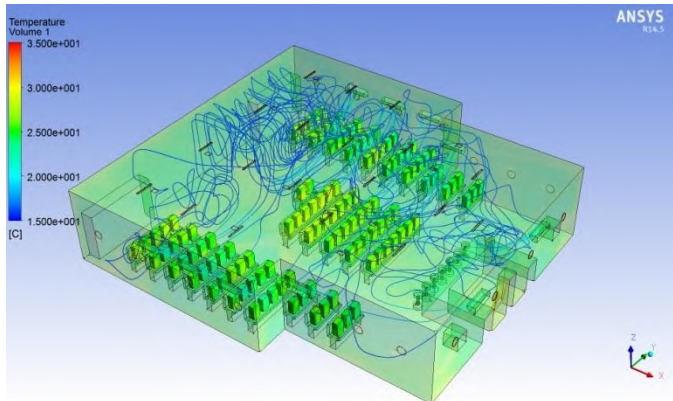


Gambar Distribusi udara dan suhu pada ruang penumpang 3 (AC central desain ke-3)

- **AC Split**

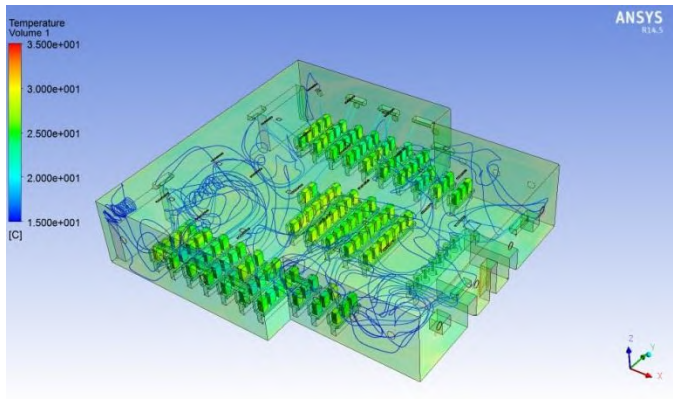


Gambar Distribusi udara dan suhu pada ruang penumpang 3 (AC split desain ke-1)



Gambar Distribusi udara dan suhu pada ruang penumpang 3 (AC split desain ke-2)

:

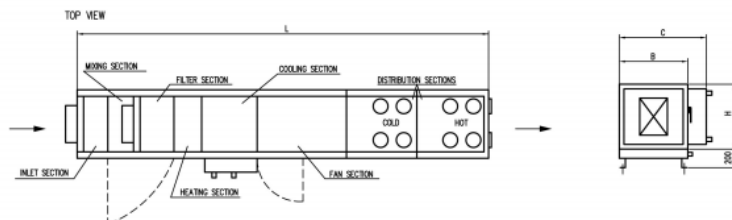


Gambar Distribusi udara dan suhu pada ruang penumpang 3 (AC split desain ke-3)

Lampiran F

Model			Deluxe Inverter V Cooling only			Inverter V Cooling only		
			BS-Q126B8R8	BS-Q186C8R6	BS-Q246C8R3	BS-Q126B8A4	BS-Q186C8A4	BS-Q246C8A2
Performance								
Capacity	Cooling (Rated)	W	3400	5400	6200	3400	4982	6200
	Cooling (Min. - Max.)	W	826 - 4038	899 - 6008	899 - 7034	826 - 4,038	1,172 - 5,567	899 - 7,034
Energy Efficiency	COP	W / W	3.47	3.67	3.52	3.47	3.41	3.52
Air circulation	In/Out	CFM	424 / 989	579 / 1483	636 / 1483	424 / 989	607 / 1165	636 / 1483
Noise level	Indoor	dB	19	29	30	19	29	30
Electrical								
Compressor	Type / Gas		Rotary - R410A	Rotary - R410A	Rotary - R410A	Rotary - R410A	Rotary - R410A	Rotary - R410A
Power Supply	Volt/Phase/Frequency	V / Ø / Hz	220-240 / Single / 50	220-240 / Single / 50	220-240 / Single / 50	220-240 / Single / 50	220-240 / Single / 50	220-240 / Single / 50
Power Input	Cooling	Watts	980	1470	1760	980	1460	1760
Running Current	Cooling	Amps	5.0	6.8	9.1	5.0	6.8	9.1
Dimension & Weight								
Dimension	Indoor (W*H*D)	mm	895*285*210	1,030*325*250	1,030*325*250	895*285*210	1030*325*250	1030*325*250
	Outdoor (W*H*D)	mm	720*500*270	870*660*360	870*660*360	720*500*270	770*540*285	870*660*360
Net weight	Indoor	Kg	10	13	13	10	13	13
	Outdoor	Kg	24	42	42	24	30	42

Dual duct, with recirculation, without humidifier



AHU type	Air flow [m³/h]	Dimensions [mm]					Weight Cooling coil 9R Heating coil 2R [kg]
		L		B	H	C	
		1000/1500Pa	2000/2500Pa				
CECE035	2400-4200	3806	3806	740	700	940	650
CECE052	3500-6200	3906	3906	1050	700	1250	790
CECE070	5400-9500	4206	4206	1050	1010	1250	960
CECE105	6800-12000	4406	4406	1290	1010	1490	1180
CECE140	10000-18000	4606	4606	1440	1300	1640	1390
CECE175	12000-21500	4906	4906	1730	1300	1930	1620
CECE210	16000-28500	5206	5206	1730	1690	1930	1900
CECE211	15000-26500	4506	4506	1980	1400	2180	1740
CECE260	19000-33000	5306	5306	1980	1690	2180	2190
CECE280	20000-36000	4906	4906	2480	1500	2680	2280
CECE315	24000-41000	6106	6106	2180	1940	2380	2800
CECE350	29000-51000	5306	5306	3120	1690	3320	3000

Duct Fan (Belt Drive)



Series 31

- In stock models ship in 5 days or less.
- 6-blade "W" prop operates efficiently under pressure with low RPM and brake horsepower.
- Bearings are heavy-duty, pillow block, ball or roller type selected for minimum L-50 life of 500,000 hours for horizontal fans; and 300,000 hours for vertical fans, and include extended lubrication fittings.
- Shaft seal and slinger are standard.
- Motors are totally enclosed fan cooled and out of the airstream. All motors are 1750 RPM.
- See page 20 for accessories available from stock.
- For complete Certified Ratings Data, go to www.hartzellairmovement.com.



Hartzell Air Movement certifies that the Series 31, Belt Drive Duct Fan, shown herein, is licensed to bear the AMCA seal for air performance. The ratings shown are based on tests and procedures performed in accordance with AMCA Publication 211 and comply with the requirements of the Certified Ratings Program. The AMCA certified ratings seal applies to air performance ratings only.

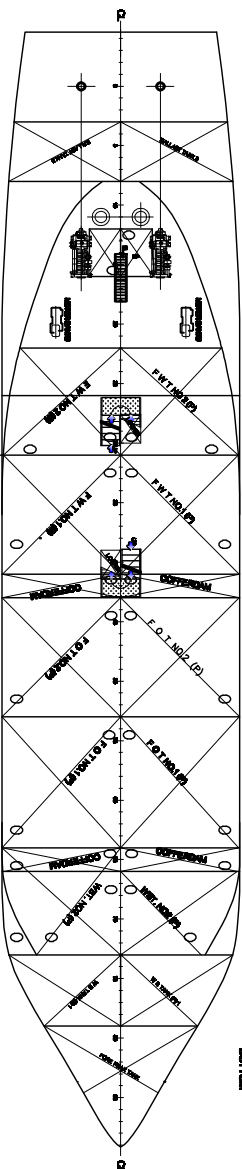
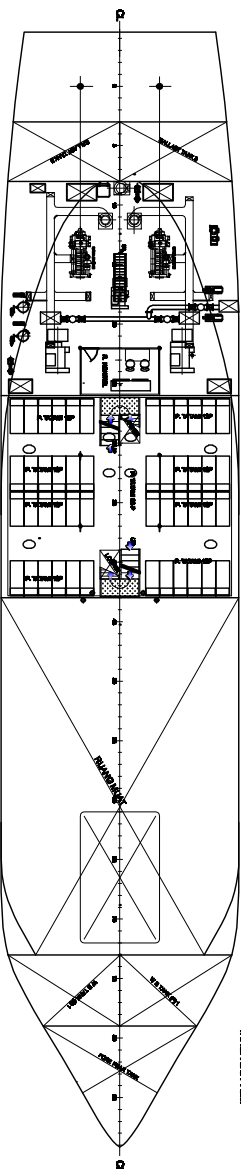
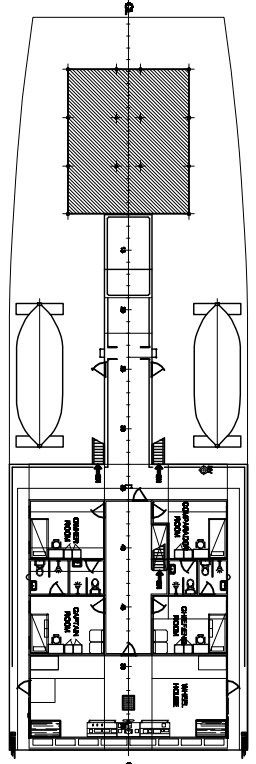
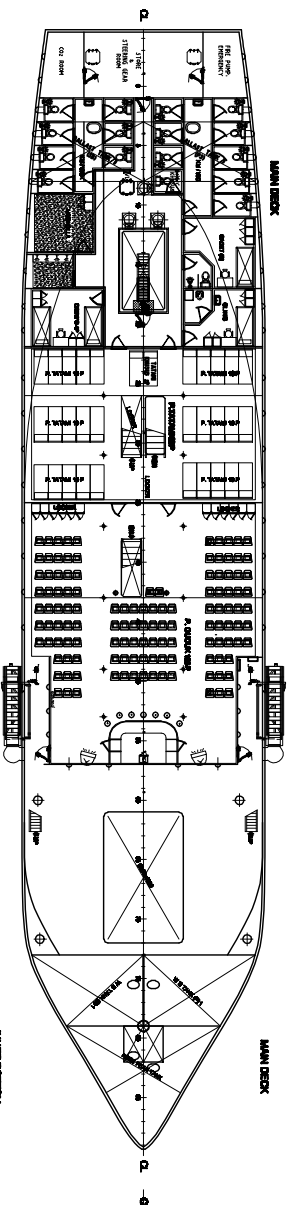
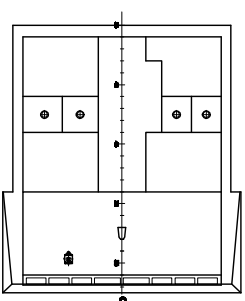
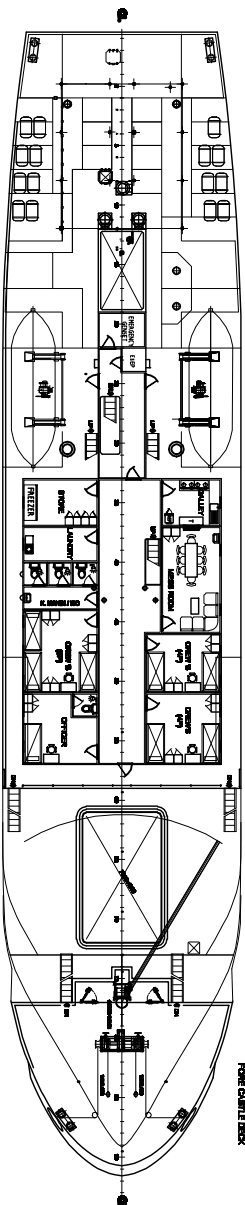
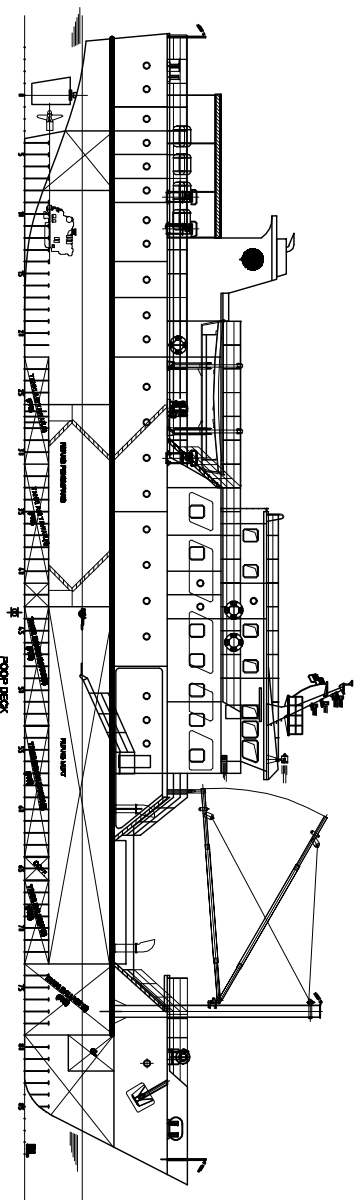
Rating Table – Series 31

Size	Model	Motor			Fan RPM Range	CFM @ Static Pressure			Approximate dBA @ 5'	Shipping Weight Less Motor and Accessories
		HP	RPM	Phase		0"	1/4"	1/2"		
24	S31-246WB-ST----	.5 - 3	1750	3	975 - 2150	5500 - 11800	4500 - 11400	1500 - 10900	73 - 94	231
30	S31-306W-ST----	1 - 5	1750	3	700 - 1550	8000 - 17500	6500 - 17000	2200 - 16300	72 - 94	308
36	S31-366W-ST----	2 - 7.5	1750	3	700 - 1450	13000 - 26900	11000 - 26000	15000 - 25000	73 - 92	385
48	S31-486W-ST----	2 - 7.5	1750	3	500 - 975	19600 - 38000	15100 - 36000	15100 - 36000	74 - 91	677

- Performance certified for installation Type D: Ducted Inlet/Ducted Outlet.
- Power ratings (BHP) include transmission losses.
- Performance ratings do not include the effects of appurtenances (accessories).

- The dBA values shown above are based on Hartzell laboratory tests and are not indicative of actual installation values.
- Drives are variable pitch. RPM shown is for listed performance and can be reduced approximately 15%.

Lampiran G



SISTER SHIP
NO. KONTRAK : 1401040103

[illegible]

